

Bau Goebel am Maximilianplatz in Wien.

Architekt **Julius Koch**, k. k. Professor.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 14 und 15.)

Mit der Veröffentlichung der Pläne zu diesem eben in der Vollendung befindlichen Neubau bin ich nicht im Begriffe ein Werk, dessen Ausführung besondere Schwierigkeiten begegnete, oder welches durch Grossartigkeit der Dimensionen, oder durch Entfaltung besonderer Pracht hervorragt, meinen Fachgenossen vorzuführen; es soll im Gegentheile die Gestaltung eines bescheidenen Wiener Wohnhauses besserer Gattung hier in Wort und Zeichnung erörtert werden, welches in bürgerlicher Solidität ausgeführt, bürgerlichen wohnlichen Bedürfnissen entsprechen mag und in den Rahmen seiner illustren Umgebung (Votivkirche, Universität etc.) so eingefügt werden musste, dass es die allgemeine Harmonie derselben nicht etwa durch eine Dissonanz störe.

Die Entwicklung des Grundrisses war von den Conturen beeinflusst, welche seitens der Stadterweiterungs-Commission für die Anlage des Hofes vorgeschrieben waren, und von dem zu berücksichtigenden Wunsche derselben, den an das benachbarte Pfarrhaus angrenzenden Lichthof, (in welchen das Aussichtsrecht gewährleistet war), durch einen angefügten Lichtraum zu vergrössern. Die übrig bleibende Fläche ergab Dimensionen, welche die Anlage eines dreitragigen Gebäudes wünschenswerth erscheinen liessen, und dem entsprechend ging ich bei der Eintheilung vor.

Die Küchen waren gegen den Hof am besten zu placiren, da derselbe ein gemeinschaftlicher Lichtraum für die ganze Baugruppe ist, und lichte Küchen doch zu den hervorragenden Annehmlichkeiten einer Wohnung zu zählen sind.

Die möglichst freie Zugänglichkeit der einzelnen Wohnbestandtheile war ein zweiter leitender Gesichtspunkt in der Eintheilung und nicht minder war die Rücksicht auf die Dimensionen der Räume unter Bedachtnahme ihrer wahrscheinlichen Verwendung dabei massgebend. Die Bade-

zimmer von den Schlafzimmern aus zugänglich zu machen, halte ich für deren beste Situirung und legte sie demnach auch an jene Stellen, wo dies zu erzielen war.

Die Stiege erhielt in den oberen Geschossen geringere Stufenlängen, um dem Oberlichte erhöhte Wirksamkeit zu verschaffen. Als Deckenconstruction wendete ich über den zwei unteren Etagen Traversen mit eingeschobenen Trämen an, um an Constructionshöhe zu sparen. Ueber den oberen Stockwerken sind Tramböden gewöhnlicher Art. Die Küchen, Gänge, Aborte und Badezimmer sind allorts überwölbt. Die meisten Wohn- und Nutzräume erhielten Ventilationsschläuche.

Die Gestaltung der Fassade war ebenfalls durch Vorschriften, welche sich auf die Stockwerkszahl, die Geschosshöhen, und die Risalitdimensionen bezogen, beeinflusst. Gegen den Maximiliansplatz sollte nach den graphischen Angaben der Stadterweiterungs-Commission das Risalit bloss in den oberen Stockwerken markirt erscheinen, welcher Bestimmung zu entsprechen ich mich nicht sehr freudig entschloss. Die Aussenarchitektur des Gebäudes musste, dem Platze und der Vorschrift entsprechend, in deutscher Renaissance sich entwickeln. Ich gab dieser Stylrichtung nur entschiedener Gestalt am Portale, an den Risalitgiebeln und an aller Eisenzierarbeit. Im Uebrigen begnügte ich mich gegen diese specielle Renaissance-richtung nicht zu verstoßen, ohne aber ihren, neuestens etwas verbrauchten, Eigenthümlichkeiten besonderen Cultus zu widmen.

Der Bau befindet sich auf der Stadterweiterungsgruppe BB', Parcelle 1, neben dem Pfarrhause der Votivkirche. Die verbaute Fläche beträgt 511^m, die Bausumme (ohne Platzkosten) wird nicht 80.000 Gulden erreichen.

Die Baumeisterarbeit wurde von A. Luckeneder, das Zimmerwerk von A. Samek, die Schlosser- und Eisenzierarbeit von Alb. Milde und die Bildhauerarbeit von R. Völkl in trefflicher Weise hergestellt.

Ueber eisernen Querschwellen-Oberbau, insbesondere über die Schienenbefestigung auf eisernen Querschwellen.

System **Heinrich Schmidt**.

Nach einem in der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahn-Ingenieure am 7. April 1881 gehaltenen Vortrage.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 18 und 19.)

Nachdem die Erfahrungen, die mit eisernen Langschwellsystemen gemacht wurden, mit den zweitheiligen sowohl als mit den dreitheiligen Systemen, nicht ganz so günstig ausgefallen sind, wie man nach theoretischer Betrachtung derselben zu erwarten berechtigt zu sein glaubte, das Querschwellensystem aber sehr viele beachtenswerthe Vortheile bietet, worunter die stabilere Lage der beiden Geleisestränge unter sich, die leichtere Entwässerung des

ganzen Oberbaues und die Möglichkeit der theilweisen und successiven Auswechslung der Holzschwellen gegen eiserne Schwellen während des Betriebes einer Bahn besonders hervorzuheben sind, so dass sehr viele Eisenbahnverwaltungen dem Querschwellensystem entschieden den Vorzug vor dem Langschwellsystem geben, obschon die Frage über die zweckmässigste Befestigung der Fahrschienen auf den eisernen Querschwellen noch nicht gelöst ist, auch die Formen

der eisernen Querschwellen noch viele Variationen zeigen, welche theilweise von der Art der Befestigung der Fahrschienen auf denselben abhängen; habe auch ich versucht, eine zweckentsprechende eiserne Querschwelle, sowie eine thunlichst einfache, feste und allen Anforderungen möglichst vollkommen genügende Befestigungsart der Schienen auf dieselbe zu construiren.

Die Form der Querschwelle ist aus den Figuren 1, 2 und 3, Bl. 18, welche den Querschnitt, einen Theil des Längenschnittes und Grundrisses zeigen, genügend zu ersehen. Die Dimensionen sind derart gewählt, dass die Schwelle bei thunlichster Materialersparniss, dennoch genügende Festigkeit für die zu tragenden Lasten, eine entsprechende Breite des Rückens zur Lagerung und Befestigung der Fahrschienen, sowie die erforderliche Basis zur Uebertragung der wirkenden Druck- und Stosskräfte auf die Schotterunterlage besitzt. Die obere Breite beträgt 150^{mm}, die untere 260^{mm}; die Dicke des Schwellenrückens, sowie der Fussflanschen ist 8^{mm}, diejenige der Seitenwandungen jedoch nur 7^{mm}; die Höhe der Schwelle ist 80^{mm}. Die Höhe wurde so gross gewählt, dass die unten näher beschriebenen Futterstücke ohne Schwierigkeit eingesetzt und befestigt werden können und die abgebogenen Schwellen dem Bestreben des Geradebiegens durch die Verkehrsmittel einen grösseren Widerstand entgegensetzen, damit keine Spurverweiterungen entstehen. Die Länge der Schwelle wurde auf das Minimum von 2·2^m reducirt und wird dieselbe an beiden Enden durch an die Fussflanschen angenietete \perp Eisen abgeschlossen.

Ein solcher Abschluss ist einfacher und billiger zu bewerkstelligen als durch Umbiegen oder Vernieten der Schwellenenden und gibt zugleich dem unten geöffneten Schwellenkasten eine grössere Festigkeit gegen Ausweitung und etwaige Zerdrückung; ferner ist die Schwelle in je $\frac{1}{3}$ zwischen den Endabschlüssen nochmals durch Winkel- oder \perp Eisen untertheilt, wodurch sich Kasten bilden, welche den unter den Schienenauflagern festgestopften Schotter zusammenhalten, während der mittlere Theil nicht fest unterstopft wird, um das Reiten der Schwellen zu verhüten. Die Schwelle ist endlich an beiden Enden in einer Entfernung von 530^{mm} so abgebogen, dass die normal auf den Endstücken stehenden Fahrschienen eine Neigung von $\frac{1}{16}$ erhalten.

Nimmt man nun an, die Schwelle sei an den beiden Enden je nur auf eine Länge von 70^{cm} fest aufgelagert und liege auf die Zwischenweite von 80^{cm} ganz hohl, so hat ein Ende eine Auflagerfläche von $70 \times 26 = 1820$ ^{cm}², daher entfallen bei einem Raddrucke von 7000^{kg} nur 3,85^{kg} auf den Quadratcentimeter. Dieser Druck ist ein so geringer, dass eine Verlängerung oder Verbreiterung der Schwelle einer Materialverschwendung gleich käme.

Die Schwelle ist mit horizontalen Fussflanschen versehen, damit sich dieselbe nicht schneideartig in das Schotterbett einarbeitet, auch die End- und Zwischen-Abschlüsse bequem angenietet werden können und damit die Seitenwandungen den sie unten etwa treffenden, seitlichen Krampenschlägen beim Unterstopfen einen entsprechenden Widerstand gegen Verbiegungen entgegensetzen im Stande

sind, weshalb auch die Flanschendicke 8^{mm} stark gemacht wurde.

Diese Flanschen zeigen sich besonders zweckentsprechend in dem Falle, wenn man nur nach und nach vom Holzswellen- zum Eisenschwellen-Oberbau übergehen will, da sie sich weniger in den Schotterkörper einschneiden, als Eisenschwellen mit verticalen schneideartigen Abschlüssen, daher, so lange das Querschwellensystem ein gemischtes ist und die Eisenschwellen noch nicht vollkommen festgefahren sind, eine gleichförmigere Fahrbahn ermöglichen.

Die bisherigen Erfahrungen lassen es bei den zur Zeit üblichen Schienenbefestigungsarten wünschenswerth erscheinen, dass der tragende Rücken der Schwellen, auf und in welchem die Schienenbefestigung stattfindet, möglichst stark (10^{mm} bis 13^{mm}) gemacht werde; eine solche Dicke des Rückens erschwert und vertheuert aber die Schwelle sehr, weshalb ich trachtete eine Schienenbefestigungsart zu finden, bei welcher eine Fleischdicke des Schwellenrückens von 8^{mm} genügt.

Der Querschnitt der Schwelle beträgt = 28·7^{cm}². Das Gewicht des laufenden Meters ist = 22·386^{kg}. Die Schwerachse des Querschnittes liegt 47^{mm} von unten oder 33^{mm} von oben. Das Trägheitsmoment des Querschnittes in Bezug auf die Schwerachse ist = 264 für Centimeter. Das Gewicht einer 2·2^m langen Schwelle sammt den beiden \perp förmigen Endabschlüssen und nach Abzug der Lochungen für die Schienen-Befestigungsmittel beträgt 53^{kg}. Bei der Anbringung von Zwischenabtheilungen erhöht sich das Gewicht um 3 bis 4^{kg}, je nachdem einfache Winkeleisen oder \perp Eisen dazu verwendet werden.

Bei der Construction der Befestigungsart der Fahrschienen auf die eiserne Schwelle hatte ich nicht nur die Festigkeit der Verbindung im Allgemeinen und die absolute Sicherung der verlangten Spurweite im Auge, sondern nahm insbesondere darauf Bedacht, dass das Kleinmaterial möglichst einfach und wenig mannigfaltig wird, so dass jeder Arbeiter bei der Zusammenstellung oder Auswechslung desselben verwendet werden kann und wenigerlei Reservesorten nöthig sind.

Wie aus den Figuren 1 bis 5 und 11 bis 14, Bl. 18, zu ersehen ist, sind die Eisenschwellen derart gelocht, dass zu beiden Seiten des Schienenfusses sich längliche Schlitzlöcher von 21^{mm} Breite und 42^{mm} Länge befinden, in welche Schraubenbolzen mit 40^{mm} langen und 20^{mm} breiten Köpfen und einem halb quadratischen, halb gerundeten 8^{mm} hohen Ansatz siehe Figur 5, eingeführt werden können, die dann um 90° zu drehen sind; ausserdem haben die nach der Aussenseite des Geleises liegenden Längsschlitzlöcher noch Querschlitzlöcher von je 10^{mm} Länge und 9^{mm} Breite, in welche entsprechende Ansätze an den Bolzen eingreifen, siehe Fig. 4, und dadurch eine Ortsveränderung der einmal eingesetzten Bolzen durchaus unmöglich machen.

Wenn nun die Schienen auf die Schwelle gelegt und die beiderseitigen Bolzen eingesteckt sind, so werden entsprechend gelochte Prattenplatten mit Ansätzen oder Wulsten, siehe Fig. 6 bis 10, über die Bolzen, welche 19^{mm} Durchmesser haben, so eingelegt, dass deren Ansätze die hinter den Bolzen verbleibenden offenen 22^{mm} langen Schlitzlöcher voll-

ständig und dicht ausfüllen. Ueber diese Prätzenplatten und um die Bolzen werden federnde Stahlringe gelegt und hierauf die Schraubenmuttern fest angezogen. Eine auf diese Art befestigte Schiene kann als absolut unverrückbar auf der Querschwellen angesehen werden.

Damit aber die Befestigungs-Bolzen zu jeder Zeit und bei jeder Witterung leicht eingesetzt und gedreht, auch ohne Schwierigkeit wieder ausgelöst werden können, sind wie aus den Figuren 1, 2, 3 und 11 zu ersehen, unter den Befestigungsstellen der Schienen Futterstücke *F S* angebracht. Diese Futterstücke versteifen und verstärken die Schwelle gerade an den Stellen, an welchen sie die Lasten aufzunehmen haben, also am meisten in Anspruch genommen sind, und verhüten bei nicht unterstopfter Schwelle das Durchfallen, bei gestopfter Schwelle das Beschädigen und Einklemmen der Bolzen durch den Schotter.

Dass eine solche Schutzvorrichtung von wesentlichem Nutzen ist, hat die Erfahrung bei Langschwellen- und Querschwellen-Oberbau schon häufig gezeigt, wenn im Winter bei gefrorenem Stopfmateriel, das sich fest an Schwelle und Bolzen angelagert hatte, Befestigungs-Bestandtheile ausgewechselt werden sollten; es mussten in solchen Fällen schon Feuer und Petroleum zu Hilfe genommen werden um beschädigte Schrauben entfernen und durch neue ersetzen zu können. Bei der hier vorgeschlagenen Schutzvorrichtung kann aber weder ein Festklemmen noch Beschädigen der Bolzen durch das Stopfmateriel stattfinden, es können dieselben zu jeder Zeit und bei allen Witterungsverhältnissen anstandslos ausgelöst und wieder eingesetzt werden.

Die in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellte Schiene hat eine Höhe von 125^{mm} und eine Fussbreite von 105^{mm}, die beiderseitigen inneren Lochungskanten der Schwelle sind aber je 107^{mm} von einander entfernt; berücksichtigt man noch, dass der Durchmesser der Schraubenbolzen nur 19^{mm}, die Köpfe und Ansätze derselben aber 20^{mm} Breite haben, so bleibt zu beiden Seiten ein freier Raum von je 11½^{mm} zwischen Schienenfuss und Befestigungsbolzen und nur die Prätzenplatten stehen mit ihren unteren rückspringenden Seitenflächen fest an dem Schienenfusse, sowie mit der rückwärtigen Fläche der Ansatzstücke (Wulste) in den Längsschlitten des Schwellenrückens dicht an, der Schienenfuss kann somit den Bolzen nie beschädigen oder ausreiben und verschwächen, sondern überträgt die von den Fahrbetriebsmitteln herrührenden horizontalen Drücke und Stösse direct auf die Prätzenplatten und durch die Ansätze der letzteren auf die Querschwellen selbst, es ist daher trotz des nur 8^{mm} dicken Schwellenrückens ein Ausleiern der Befestigungs-Bestandtheile nicht möglich.

Die meisten Befestigungsarten mit Schraubenbolzen haben den grossen Nachtheil, dass die Füsse der Fahrschienen die Bolzen derart angreifen und beschädigen, dass dieselben in ganz kurzen Fristen erneuert werden müssen und dies ist jetzt bei der Verwendung von Stahlschienen, deren harte Füsse sich an den Bolzen von weicherem Schweisseisen reiben, in erhöhtem Maasse der Fall, so dass in scharfen Curven solche Bolzen schon nach zwei Monaten und selbst nach sechs Wochen ausgewechselt werden

müssen. Eine solche Eventualität ist bei dieser Befestigungsart gänzlich ausgeschlossen, da wie schon gesagt, die Bolzen weder mit dem Schienenfuss noch mit der Prätzenplatte direct in Berührung kommen.

Es wird noch bemerkt, dass man die Schwellen auch mit ungleicher Rückenstärke walzen kann; und zwar so, dass unter den Auflagern der beiden Fahrschienen die Fleichdicke auf etwa je 280^{mm} Länge um 2^{mm} verstärkt also auf 10^{mm} verdickt wird, sich aber gegen die Enden und gegen die Mitte hin auf 7^{mm} verläuft, siehe Fig. 2 *a b c d e f*; es wird die Schwelle dann um 1·3^{ks} leichter, doch werden sich die Herstellungskosten der Schwellen per Gewichtseinheit etwas erhöhen, so dass daraus kein ökonomischer Vorthail erwachsen, wohl aber der technische, nämlich die grössere Dicke des Schwellenrückens unter den Schienenlagern erzielt würde. Wollte man den Schwellenrücken der ganzen Länge nach 10^{mm} stark walzen, so würde die Schwelle um rund 5^{ks} schwerer werden. Ich halte jedoch eine Rückenstärke von 8^{mm} für völlig genügend.

Die Lochungen der eisernen Schwellen sind nach drei Typen herzustellen:

1. Für Schwellen zu beiden Seiten eines Schienenstosses mit je sechs Schlitten, je zwei äusseren und je einem inneren an jedem Ende, siehe Fig. 12.

2. Für Zwischenschwellen in der Geraden und in Curven über 1000^m Halbmesser, mit je vier Schlitten versetzt, je einen nach aussen und nach innen an jedem Ende, (s. Fig. 13).

3. Für Zwischenschwellen in Curven unter 1000^m Halbmesser mit je fünf Schlitten, nämlich drei Schlitten, wie bei den Stossschwellen an dem Ende, welches an der convexen Seite der Curve liegt und zwei Schlitten, wie bei den Zwischenschwellen in der Geraden, an dem Ende der concaven Seite der Curve (s. Fig. 14).

Das Kleinmateriel besteht aus zwei Sorten Prätzenplatten, grossen 140^{mm} lang, 58^{mm} breit für die Doppelschlitten (Fig. 6 bis 9) und kleinen 70^{mm} lang, 58^{mm} breit für die einfachen Schlitten (Fig. 10), sowie aus zwei Sorten Befestigungsbolzen, die einen mit Seitendornen (Fig. 4) die anderen ohne solche (Fig. 5), endlich aus federnden Stahlringen. Die Erfahrung wird zeigen, ob die in den nach aussen liegenden Schlitten und Bolzen angebrachten Seitendorne durchaus nothwendig sind, oder ob sie weggelassen werden können, oder aber ob dieselben bei den nach der Geleismitte hin liegenden Schlitten ebenfalls angebracht werden sollten. In beiden Fällen ist dann nur eine Sorte von Befestigungsbolzen erforderlich.

Beim Verlegen des Oberbaues ist daher gar keine Spur-
schablone mehr nothwendig und ist auch ein Verwechseln des Kleinmaterials nicht möglich; es sind nur die Schwellen nach ihren Mittellinien in die richtig abgesteckten Geleismittel zu legen und die Fahrschienen, welche für die Curven entsprechend abgebogen sein müssen, wie oben beschrieben mit dem Kleinmateriel auf dieselben zu befestigen, dann wird das Geleise regelrecht und ohne dass eine Spurveränderung eintreten kann hergestellt sein, sobald die Schwellen unterstopft sind und der äussere Curvenstrang vorschriftsmässig überhöht ist.

Die Spurerweiterungen werden dadurch bewirkt, dass die Entfernungen der Schwellenschlitze an dem einen Schwellenende, von der Mitte aus gerechnet, variiren. Da die Spurerweiterung immer nach innen d. h. nach dem Centrum des Kreises hin, bewerkstelliget wird, so bleiben die Lochungen der Curvenschwellen von der Mitte aus gerechnet, für den convexen Geleisstrang immer normal, ändern ihre Entfernungen aber für den concaven Strang je nach dem Curvenhalbmesser.

Es ist jedoch nicht nothwendig für jeden Curvenhalbmesser eine andere Spurweite durchzuführen, sondern es genügt, wenn man sie gruppenweise anordnet und dieselbe z. B. mit Sprüngen von 5^{mm} zu 5^{mm} folgendermassen normirt:

Spurerweiterungen bei Radien von:

180 ^m bis 250 ^m	= 30 ^{mm} VI
251 ^m „ 400 ^m	= 25 ^{mm} V
401 ^m „ 500 ^m	= 20 ^{mm} IV
501 ^m „ 600 ^m	= 15 ^{mm} III
601 ^m „ 750 ^m	= 10 ^{mm} II
751 ^m „ 1000 ^m	= 5 ^{mm} I

über 1000^m bleibt die Normalweite N von 1435^{mm}.

Diese Querschwellen können mit N, I, II, III, IV, V und VI bezeichnet werden.

Es handelt sich nunmehr nur noch um die Uebergänge von der normalen Spurweite in die jeweiligen Spurerweiterungen. Auch diese lassen sich nach meinem System sehr leicht von Millimeter zu Millimeter durchführen, ohne Abweichungen im Kleinmaterial zu erhalten, es sind nur jeweils die Lochungen in den gegen das Bogenzentrum hin liegenden Schwellenenden nach Schablonen vorzunehmen, welche um die erforderliche Differenz von der Mitte der Schwellen nach dem concaven Curvenstrange hin verrückt werden und welche dann mit I. 1; I. 2; I. 3; I. 4; II. 1; II. 2; IV. 1; IV. 2; IV. 3; u. s. w. bezeichnet werden können; so dass man Differenzen von je 1^{mm} herstellen kann.

Es wird zugegeben, dass die Austheilung des Schwellenmaterials für die Uebergangscurven etwas zeitraubend ist; diese ist jedoch auf dem Bureau durch einen Sachverständigen sehr leicht durchzuführen, dann aber kann die genaue und richtige Legung der Uebergangscurven durch jeden nur halbwegs geschulten Bahnrichter bewerkstelligt werden.

Da unter allen Umständen das Kleinmaterial dasselbe bleibt, so ist eine Verwechslung nicht möglich und die einmal für den betreffenden Fallrichtighergestellte Spurweite bleibt immer unverrückbar fest; die etwas grössere Sorgfalt die bei der Herstellung der Schwellen für die Uebergangscurven aufgewendet werden muss, bezahlt sich nfach durch den gänzlichen Wegfall irgend welcher Spurregulierungsarbeiten für die ganze Dauerzeit der Fahrschienen und Querschwellen.

Eine einfache Pratzenplatte wiegt = 0.395^{kg}.

„ doppelte „ „ = 0.790^{kg}.

„ Befestigungsschraube sammt Mutter und federndem Stahrling wiegt = 0.4^{kg}.

Dieses eiserne Querschwellensystem besitzt den bedeutenden Vortheil, dass bei etwaigen Unfällen z. B. Tyres- oder Achsbrüchen und daraus entstehenden Entgleisungen und Beschädigungen des Kleinmaterials, namentlich der Befestigungsbolzen, diese herausgenommen und durch neue ersetzt werden können, ohne dass deshalb die vielleicht noch unverletzte und festliegende Schwelle aus ihrem Lagerbett gerissen werden muss, da die Befestigungsschrauben sammt den Pratzenplatten je einzeln gelöst und gewechselt werden können; ferner lassen sich ganze Schwellen einzeln unter dem Geleise herausnehmen und durch andere ersetzen, ohne dass die Fahrschienen ihrer ganzen Länge nach gelüftet oder abgehoben werden müssten; endlich wenn eine Fahrschiene aus irgend einem Grunde weggehoben oder ausgewechselt werden soll, so kann dies ganz leicht geschehen, ohne dass der andere Strang alterirt, oder die unterliegenden Querschwellen aus ihrer Lage gerückt zu werden brauchen, es entfällt somit jede weitere Unterstopfung und Spurregulirung, was bei grosser Kälte und festgefrorenem Schotterbett und Untergrund von ganz besonderem Werthe ist.

Auch die Laschenverbindungen an den Schienenenden können ohne Anstand so angebracht werden, dass die Laschen entweder an den Pratzenplatten oder an den eisernen Querschwellen, welch' letztere Anordnung vorzuziehen ist, anstehen, wodurch ein Wandern der Schienen verhindert wird.

Nur einen Uebelstand hat diese Querschwelle mit allen eisernen Querschwellen, welche nicht keilförmige Aufsätze erhalten, gemein, nämlich den, dass sie entweder im Ganzen gekrümmt, oder an beiden Enden abgebogen werden muss, um der Fahrschiene die erforderliche Neigung von $\frac{1}{16}$ gegen die Verticale zu geben. Diese Krümmungen oder Abbiegungen vertheuern die Herstellungskosten, wenn auch nur wenig, doch immerhin um Etwas und die gebogene oder gebrochene Form macht die Schwelle etwas weniger handlich in der Schlichtung der Stücke, sowie bei der definitiven Verlegung auf den Bahnkörper. Die gebrochene Form der Schwellen ist der gebogenen vorzuziehen, da die Schwellen dann weniger der Gefahr des sogenannten Reitens ausgesetzt sind, auch die Tendenz für das Geradbiegen, also zur Spurerweiterung eine geringere ist.

Diese Nachtheile entfallen jedoch sofort, wenn die Fahrschienen, wie ich schon früher angeregt, mit unsymmetrischen Köpfen gewalzt werden, bei welchen die verlangte Neigung in die Form des Schienenkopfes gelegt ist, dann kann die Schwelle gerade bleiben und die Verticalachse der Schiene normal darauf stehen.

Die Walzung unsymmetrischer Schienenköpfe unterliegt aber gar keinem Anstande und dürfte man bald allgemein dazu kommen, denn die Symmetrie hatte von je nur einen problematischen Werth und konnte nur selten, bei weichen eisernen Schienen oder solchen mit schlecht geschweissten Stahlköpfen, die in kurzer Zeit, noch ehe eine messbare Abnützung in der Höhe stattgefunden hatte, am Kopfe einseitig gequetscht, oder der unvollständigen Schweissung wegen aufgerissen wurden, so dass solche Schienen bei einer Wendung noch einige Zeit gebraucht werden konnten, von kurzem Vortheile sein; aber heute bei den aus einem

homogenen Ingot gewalzten Stahlschienen ist der vermeintliche Vortheil der Symmetrie gänzlich illusorisch geworden, da eine am Kopfe um mehrere Millimeter abgefahrene Stahlschiene in keinem Falle mehr gewendet und in Hauptgeleisen weiter benützt werden kann; will man dieselben aber noch in Seiten-Stutz-, Magazins- oder Werkstättengeleisen verwenden, wo keine Locomotiven verkehren, so bildet der einseitige Kopf auch bei einer Wendung der Schienen durchaus kein Hinderniss*).

Nachdem in Vorstehendem die Einfachheit und Zweckmässigkeit dieses Oberbausystemes mit eisernen Querschwellen dargelegt ist, soll nun auch die ökonomische Seite näher erörtert werden.

Hat man 7^m lange Schienen und legt bei schwebenden Stössen unter jede derselben acht Stück Querschwellen, so sind für einen Kilometer Bahn nachstehende Sorten und Gewichte von Eisenmaterial (Schienen und Laschen ausgenommen, da diese bei verschiedenartigen Schwellen und Befestigungsmitteln dieselben bleiben) nothwendig:

- a) Eiserne Querschwellen 1144 St. zu 53^{kg} = 60632^{kg}
Ferner bei der Annahme, dass 50% der Bahnlänge in Curven unter 1000^m Halbmesser liegen:
- b) Pratzplatten
- α) doppelte 786 Stück zu .. 0.790^{kg} = 621^{kg}
β) einfache 3504 „ „ .. 0.395^{kg} = 1384^{kg}
Zusammen 2005^{kg}
- c) Bolzen mit Muttern und Federringen 5362 Stück
zu 0.40^{kg} = 2145^{kg}
Gesammtgewicht 64782^{kg}

A) In Oesterreich stellen sich heute die Kosten dieser Materialien auf:

- a) Eiserne Querschwellen 60632^{kg} zu fl. 9
per 100^{kg} = fl. 5456.89
- b) Pratzplatten 2005 zu fl. 11 = „ 220.55
- c) Bolzen, Muttern und Ringe 2145^{kg} zu fl. 18 = „ 386.10
Zusammen fl. 6063.53
- d) Das Legen des Oberbaues und die Erhaltung
bis zum Festfahren per Kilometer fl. 1000.—
Gesamtkosten fl. 7063.53

B) In Deutschland dagegen nur auf:

- a) Eiserne Querschwellen 60632^{kg} zu 14 Mark
per 100^{kg} = 8488.48
- b) Pratzplatten 2005^{kg} zu 18 Mark per 100^{kg} = 360.90
- c) Bolzen, Muttern u. s. w. 2145^{kg} zu 20 Mark = 429.—
Zusammen Mark 9278.38
- d) Das Legen des Oberbaues und die Erhaltung
bis zum Festfahren per Kilometer = 2000.—
Gesamtkosten Mark 11278.38

Werden mit diesen Kosten diejenigen eines Holzschwellen-Oberbaues aus Eichenholz verglichen, so kosten:

A) In Oesterreich, im Durchschnitt

- a) 1144 nicht imprägnirte eichene Schwellen gedexelt auf die Bahn gestellt zu fl. 1.85 = 2116.40
- b) 286 Stück Stossplatten zu je 43 kr. = 380.98
- c) 2002 gewöhnliche Unterlagsplatten zu je 25 kr. = 500.50
- d) 5362 Stück Schraubennägel zu 9 kr. = ... 482.58
Zusammen fl. 3480.46
- e) Legen des Oberbaues und die Erhaltung bis
zum Festfahren per Kilometer 1000.—
Gesamtkosten fl. 4480.46

B) In Deutschland (Südwesten)

1. mit nicht imprägnirten eichenen Schwellen:
- a) 1144 eichene Schwellen gedexelt zu Mark 6.60 = 7550.40
- b) 2288 Unterlagsplatten im Gewichte von 6000^{kg}
zu Mark 13.50 = 810.—
- c) 5362 Nägel zu 0.33^{kg} = 1770^{kg} zu Mark 16.50 = 292.05
Zusammen Mark 8652.45
- d) Das Legen des Oberbaues und die Erhaltung
bis zum Festfahren per Kilometer 2000.—
Zusammen Mark 10652.45
2. mit imprägnirten eichenen Schwellen:
- a) 1144 imprägnirte eichene Schwellen gedexelt
zu Mark 7.10 = 8122.40
- b) 2288 Unterlagsplatten im Gewichte von 6000^{kg}
zu Mark 13.50 = 810.—
- c) 5362 Nägel zu 0.33^{kg} = 1770^{kg} zu Mark 16.50 = 292.05
Zusammen Mark 9224.45
- d) Das Legen und Erhalten bis zum Festfahren
per Kilometer 2000.—
Gesamtsumme Mark 11224.45

Aus vorstehenden Vergleichsrechnungen ist zu ersehen, dass der hier vorgeschlagene eiserne Oberbau für Südwest-Deutschland unbedingt bedeutend vortheilhafter ist als der Holzschwellen-Oberbau, denn der erstere ist unter der Annahme, dass das Legen beider gleich hoch zu stehen kommt, per Kilometer nur um Mark 625.93 theurer als der letztere mit nicht imprägnirten Schwellen, und nur um Mark 53.83 theurer als der Holzschwellen-Oberbau mit imprägnirten Schwellen. Da nun aber die nicht imprägnirten Holzschwellen im Maximum eine Dauerzeit von 12 Jahren, die imprägnirten eine solche von 20 Jahren haben, für die eisernen Schwellen aber immerhin eine Dauerzeit von mindestens 50 Jahren angenommen werden darf, insbesondere wenn man die Eisenschwellen mit einer entsprechenden Farbe oder mindestens mit Theer bestreicht, so liegt der grosse ökonomische Vortheil der eisernen Schwellen gegenüber den hölzernen klar vor Augen, auch wenn man von den technischen Vorzügen und den geringeren Erhaltungskosten, die erfahrungsgemäss rund 30% betragen, gänzlich absehen wollte.

Für die österreichischen Verhältnisse liegt die Sache in ökonomischer Beziehung nicht in dem Maasse günstig wie in Süddeutschland, da die Holzpreise noch sehr niedrig, die Eisenpreise aber im Verhältniss zu Deutschland sehr hoch stehen. Hier beträgt nämlich die Differenz zwischen dem eisernen Querschwellenbau und dem aus nicht im-

*) Siehe Anhang, Construction einer unsymmetrischen Schiene.

prägnirten Eichenhölzern fl. 6063·53 — 3480·46 = 2583·07 für den Kilometer Bahn.

Um nun eine Rentabilitätsrechnung anstellen zu können, müssen die Dauerzeiten der verschiedenen Oberbaumaterialien und die während einer entsprechenden Zeitperiode sich wiederholenden Ausgaben bestimmt werden, damit dieselben unter Berücksichtigung des üblichen Zinsfusses in Rechnung gezogen werden können, es handelt sich dann nur um die „Berechnung des gegenwärtigen Werthes künftiger, regelmässig wiederkehrender Ausgaben“.

Es sei:

A die Auslage, welche nach Ablauf von je n Jahren innerhalb einer Zeitperiode von z Jahren zu machen ist, p der übliche Zinsfuss, W die Summe der gegenwärtigen Werthe aller während der Periode z , nach je n Jahren wiederkehrenden Ausgaben A , so findet man:

$$W = A \left\{ \frac{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^{zn}}}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1} \right\} \dots \dots \dots (I)$$

für $z = \infty$ wird

$$W = \frac{A}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1} \dots \dots \dots (II)$$

und für $n = 1$ geht die Formel (II) über in:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{100 A}{p} \\ A &= \frac{p}{100} \cdot W \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (III)$$

d. h. die jährlich zu machende Ausgabe ist gleich dem Zinsbetrag des Capitals W , welches zu diesem Zweck angelegt werden musste.

Auf unsern Fall angewendet, haben wir in die Formel I zu substituieren:

$z = 48$ Jahre, als angenommene Dauerzeit der eisernen Schwellen sammt dem Kleinmaterial; diese Dauerzeit dürfte eher zu gering als zu hoch gegriffen sein, da die Erfahrung lehrt, dass gut angestrichene oder getheerte Schwellen nach mehrjähriger Lagerung im Schotterbett kaum einen Rostansatz zeigen.

$n = 12$ Jahre, als Maximaldauerzeit der eichenen Schwellen; diese Annahme ist eine sehr hohe, also zu Gunsten des Holz-Oberbaues, denn die Dauer ist meist nur 10 Jahre.

$p = 5$ der übliche Zinsfuss des Capitals.

A , das nach je $n = 12$ Jahren aufzuwendende Capital, setzt sich zusammen aus:

1. Den Kosten der eichenen Schwellen, wie oben pag. 95 zu ersehen = fl. 2116·40
 2. dem Wegnehmen und Abführen des alten Oberbaues per Kilometer rund fl. 300—
- Fürtrag . . fl. 2416·40

Uebertrag . . fl. 2416·40

3. Der Erneuerung des schadhaften und unbrauchbar gewordenen Kleinmaterials; es wird der günstigste Fall vorausgesetzt, dass 90% Unterlagsplatten wieder zu gebrauchen; dagegen die Schraubennägel zur Hälfte unbrauchbar sind, also erneuert werden müssen, dies gibt $\frac{881·48}{10} + \frac{482·58}{2} = \dots \dots \dots$ fl. 329·44

4. das neue Legen des Holz-Oberbaues und die Erhaltung bis zum Festfahren = fl. 1000·00
- Zusammen . . . fl. 3745·84

oder rund: $A =$ fl. 3746.

Dann erhält man aus I den Werth

$$W = 3746 \left\{ \frac{1 - \frac{1}{(1·05)^{66}}}{(1·05)^{12} - 1} \right\} = \text{fl. } 3894·20$$

d. h. wenn der eiserne Oberbau nur 48 Jahre dauert und der hölzerne Oberbau die ausserordentlich hohe Dauerzeit von 12 Jahren hätte, so müsste der letztere in dieser Zeit viermal hergestellt werden, und es wäre bei der ersten Legung noch ein Capital $W =$ fl. 3894·20 zu 5% an Zinsen und Zinseszinsen zu legen, um den Holz-Oberbau ebenfalls 48 Jahre erhalten, also dreimal erneuern zu können.

Die erste Legung des Holz-Oberbaues kostet an Material sammt Arbeit (pag. 95) fl. 4480·46

Dazu das Capital W mit „ 3894·20

Zusammen . . . fl. 8374·66

Der eiserne Oberbau kostet aber an Material sammt Arbeit nur fl. 7063·53 bleibt somit ein Rest von fl. 1311·13 zu Gunsten des eisernen Oberbaues in einem Zeitraum von 48 Jahren.

Es ist aber noch zu berücksichtigen, dass nach 48 Jahren der Rückgewinn des Alt-Materials wie folgt bewerthet werden kann.

Beim Holz-Oberbau:

Holzwerth = 0, da die verfaulten Schwellen nicht einmal die Kosten der Abräumung decken.

Alt-Eisenwerth, das volle Gewicht genommen: 7170^{ks} zu fl. 4·50 per 100^{ks} = fl. 322·65.

Beim Eisen-Oberbau, unter der Annahme, dass die Hälfte des Gewichtes durch Rost zerfressen, also gänzlich abhanden gekommen ist, bleibt:

Alt-Eisenwerth $\frac{64782}{2} = 32391^{\text{ks}}$ zu $4\frac{1}{2}$ fl. 1457·60 so

mit ergibt sich wieder eine Differenz zu Gunsten des eisernen Oberbaues von 1457·60 — 322·65 = fl. 1134·95. Diese zu der oben nachgewiesenen von fl. 1311·13 addirt, gibt fl. 2776·08 Gewinn für jeden Kilometer Bahn mit Eisen-Oberbau, obschon für den Holz-Oberbau immer die günstigsten Annahmen gemacht wurden.

Endlich ist noch die Ersparniss an den Bahnerhaltungskosten zu berechnen, die nach den bisher gemachten Erfahrungen beim eisernen Querschwellen-Oberbau sich um 30²/₃% rund 30% geringer stellen als bei dem Holzschwellen-

oberbau, daher bei einem Kostendurchschnitte von fl. 175 per Kilometer und Jahr für den letzteren, die Ersparniss den Betrag von fl. 52'50 ausmacht, also in 48 Jahren die Höhe von fl. 2520 erreicht, wenn man die Zinsen und Zinseszinsen der jährlichen Ersparnisse gar nicht in Rechnung zieht; werden diese letzteren jedoch berücksichtigt und mit fünf vom Hundert berechnet, so resultirt nach 48 Jahren eine Ersparniss von fl. 10.417'15 nur an der Bahnerhaltung; dazu der oben ausgewiesene Gewinn von fl. 2776'08, gibt zusammen fl. 12.863'23.

Nun hat Oesterreich rund 11.300^{km} normalspurige Locomotivbahnen im Betriebe, welche mit den Doppelgeleisen und Bahnhofsanlagen (abgesehen von den Seiten-, Stutz- und Werkstättingeleisen) rund 15.000^{km} regelmässig befahrene Geleise haben, für diese würde sich also bei Einführung des eisernen Querschwellen-Oberbaues die erhebliche Ersparniss von 15.000 . 12.863'23 = rund 193 Millionen Gulden ergeben, eine Summe, die gewiss von beachtenswerther Bedeutung ist.

Reducirt man diese Gewinnposten, die sich in einem Zeitraum von 48 Jahren ergeben, auf die Gegenwart, so ergibt sich für den Kilometer eine Ersparnisssumme
$$K = \frac{12863'23}{(1.05)^{48}} = \text{fl. } 1236'70$$
 zu Gunsten des eisernen Oberbaues, somit für 15.000^{km} 18'505 Millionen, was mit der obigen Summe von rund 193 Millionen in einem Zeitraume von 48 Jahren übereinstimmt.

Da in einem grossen Theil von Ungarn, namentlich im südöstlichen und in Croatien die Preise des Eichenholzes noch sehr niedrig stehen, so trifft für die ungarischen Bahnen die oben durchgeführte Rechnung nicht ganz zu, weshalb dieselben hier auch gänzlich ausser Acht gelassen wurden.

Also selbst unter den heutigen Preis-Verhältnissen ist es auch in Oesterreich schon ökonomisch vortheilhafter, eisernen Oberbau zu legen, abgesehen von der solideren Construction und der damit zusammenhängenden grösseren Betriebssicherheit, und dieser Vortheil wird immer bedeutender, je mehr das Eichenholz im Preise steigt und das Eisen billiger wird.

Gegen vorstehende Berechnungen und Schlussfolgerungen dürften vielleicht verschiedene Einwendungen, namentlich von den Privatbahnbesitzern, d. i. von den Actionären erhoben werden, die jedoch sofort richtig gestellt werden sollen. Der Haupteinwand dürfte der sein, dass für eine mit Eisenoberbau neu herzustellende Bahn die ersten Anlagekosten viel höher zu stehen kommen als für eine solche mit Holzoberbau, und zwar nach vorstehender Berechnung in Oesterreich um fl. 7063'53 — 4480'46 = fl. 2583'07 für jeden Kilometer, dass daher eine entsprechende Rentabilität, die bei den wenigsten Bahnen sofort nach der Inbetriebsetzung der Bahn vorhanden ist, erst in späterer Zeit eintritt, als wenn die ersten Anlagekosten geringer sind; der Eisenbahn-Actionär will aber sogleich Zinsen, womöglich eine Superdividende haben und verzichtet lieber auf die in späteren Jahren sicher in Aussicht stehende grössere Rente, wenn er sogleich eine solche erhält, sollte diese auch klein sein und dadurch die späteren Renten geschmälert werden. Diese Anschauung hat vom Gesichtspunkte des Actionärs aus eine gewisse Berechtigung, da er

sozusagen von der Hand in den Mund lebt, oder so zu leben gezwungen ist; er muss eben, um seine täglichen Bedürfnisse zu decken, auf grössere aber erst in späterer Zeit flüssig werdende Vortheile verzichten; auch sagt er: ich will zu meinen Lebzeiten einen Nutzen geniessen, für meine Nachfolger habe ich nicht zu sparen.

Ganz anders sieht sich die Sache vom staatsökonomischen Standpunkte an. Der Staat dauert sozusagen ewig; das Gemeinwesen erntet in der Zukunft die Saat, die in der Gegenwart ausgestreut wird; auch kann es sich beim Staate nicht so wie bei dem Privatmanne darum handeln, seine ökonomischen Verhältnisse gerade nur auf eine kurze Lebensdauer zu ordnen und einzurichten, sondern er soll und muss, insofern er nur einigermaßen rationell verwaltet wird, auf längere Zeitperioden das materielle Wohl und Wehe in's Auge fassen, er muss zu rechter Zeit säen, d. h. hier Geld ausgeben, um zu sparen und um seiner Zeit hundertfältig erntet zu können.

Der Staat also sollte unbedingt jetzt schon mit dem Holzoberbau brechen und sofort zum Eisenoberbau übergehen. Aber wenn selbst der Staat gezwungen wäre sich bei ersten Bahnanlagen von denselben ökonomischen Anschauungen leiten zu lassen wie der Actionär, so sollten doch beide bei der Erhaltung und Erneuerung ihrer Bahnen, welch' letztere ohnehin nur successive vorgenommen wird, zum Eisenoberbau übergehen, um mit kleineren jährlichen Mehrausgaben in einem Zeitraum von 10 bis 12 Jahren, alle die Vortheile zu erreichen, die sie des momentanen Capitalmangels wegen bei der ersten Anlagenicht sogleich anstreben konnten.

Gerade der oben in letzter Reihe angeführte Vortheil der geringeren Bahnerhaltungskosten, der sich so hoch berechnet, ist durchaus kein fictiver, weder beim Staate noch beim Actionär, denn beide haben nach Einführung des eisernen Oberbaues thatsächlich die berechnete geringere Auslage; die Verringerung der beständigen Betriebsspesen entspricht aber einer factischen Mehreinnahme. Der Staat wird dieselbe sofort wieder nutzbringend zu Neubauten verwenden, für Eisenbahn-, Strassen-, Canalbauten, Flussregulirungen oder zu irgend welchen Communications-Anlagen und sollten solche schon in aller Vollkommenheit hergestellt sein, so werden diese Ersparnisse an den Eisenbahnen in letzter Reihe als Mittel zur Herabsetzung der Steuerquote dienen. Der Actionär aber erhält die Ersparnisse jährlich als Dividende ausbezahlt und kann das baare Geld irgendwie wieder in den verschiedensten geschäftlichen Unternehmungen anlegen und zwar meist zu einem höheren als dem obiger Berechnung zu Grunde gelegten Percentsatz von fünf, umsetzen, der Gewinn für ihn wird also immer mindestens dem oben berechneten gleichkommen, denselben in den meisten Fällen sogar überschreiten.

Durch das Vorstehende glaube ich zur Genüge dargethan zu haben, dass es unter allen Umständen angezeigt ist, auch in Oesterreich vom Holzschwellen zum Eisenschwellen-Oberbau

so schnell als thunlich überzugehen, denn es liegt dies sowohl im ökonomischen Interesse der Eisenbahn-Verwaltungen, namentlich derjenigen der Staatsbahnen, als auch im allgemeinen Interesse, der grösseren Betriebssicherheit wegen; zu all dem wird der Eisenindustrie ein neues Absatzgebiet eröffnet und die beinahe gänzlich devastirten Eichenwäldungen können sich wieder erholen zum Vortheile anderer Industriezweige.

Bezugnehmend auf die pag. 94 hervorgehobene Unbequemlichkeit und Kostspieligkeit des Abbiegens der eisernen Querschwellen um die entsprechende Neigung der Fahrbahnflächen der Schienen hervorzubringen, folgt hier die Construction einer unsymmetrischen Fahrschiene mit $\frac{1}{16}$ geneigter Kopffläche; eine solche Schiene erfordert nur gerade Querschwellen, das Abbiegen oder Krümmen derselben entfällt daher. Diese in Fig. 15, Bl. 19, dargestellte Schiene hat eine Höhe von 130^{mm}, eine Kopfbreite von 60^{mm}, eine Fussbreite von 110^{mm}, und eine kleinste Stegdicke von 14^{mm}, welche sich von der Mitte aus nach oben und unten auf 17^{mm} verbreitert, um dann bogenförmig in den Kopf und Fuss der Schiene überzugehen. Die durch die Mitte des Steges gelegte Verticalachse schneidet weder Kopf noch Fuss in der Mitte; von dieser Verticalachse aus liegt die entfernteste äussere Faser des Kopfes (von der Geleismitte aus betrachtet) = 28^{mm} und die entfernteste innere Faser = 33^{mm} ab, so dass die Kopfbreite zwischen den beiden tangirenden Verticalen = 61^{mm} beträgt; die Seitenflächen des Schienenkopfes stehen jedoch normal auf der Tangente der Kopffläche, welche $\frac{1}{16}$ Neigung gegen die Horizontale hat, sind deshalb normal gemessen nur 60^{mm} von einander entfernt. Die obere Abrundung hat 180^{mm} Halbmesser und geht mit einer Zwischencurve von 22^{mm} Halbmesser in die 14^{mm} Halbmesser besitzende innere Kopfabrundung über, während die äussere Kopfabrundung einen Halbmesser von 22^{mm} hat.

Der Fuss der Schiene hat von der Verticalachse des Steges eine Sohlenbreite von 50^{mm} nach innen, nach aussen aber eine solche von 60^{mm}, um die Stabilität der Schienen in Bezug auf die Horizontalkräfte, welche durch die Fahrbetriebsmittel hervorgebracht werden, zu vergrössern. Die Stützflächen für die Laschen haben sowohl am Kopfe als am Fuss der Schienen ein Neigungsverhältniss gegen die Horizontale von 1 : 3.

Der Querschnitt dieser Schiene beträgt = 45.266^{cm} und das Gewicht des laufenden Meters = 35.3^{kg}. Der Schwerpunkt der Querschnittsfläche liegt 65.5^{mm} über der Fussfläche und 64.5^{mm}, unter der horizontalen Tangente der Kopffläche. Das Trägheitsmoment der Querschnittsfläche in Bezug auf die horizontale Schwerachse ist = 925 für Centimeter.

Wird diese Schiene auf 1^m Stützweite frei aufgelagert und in der Mitte mit 7000^{kg} belastet, so ist dieselbe mit 1239^{kg} per Quadrat-Centimeter am Fuss und mit 1220^{kg} per Quadrat-Centimeter am Kopfe in Anspruch genommen.

Da bei 7^m langen Schienen und bei Anordnung von schwebenden Stössen mit 8 Querschwellen unter jeder Schiene, die Querschwellen im Maximum 95^{cm} von Mitte

zu Mitte entfernt zu liegen kommen und die Schwellenrücken 15^{cm} breit sind, so ergibt sich eine grösste freie Auflagerweite von nur 80^{cm} und dann sinkt die Anspruchnahme der Schiene am Fuss auf 991^{kg} und am Kopf auf 976^{kg} per Quadrat-Centimeter. Da aber die Schienen im ungünstigsten Falle mit der Maximallast von 7000^{kg} nur so in Anspruch genommen werden, als ob sie an einem Ende fest eingespannt und am anderen Ende frei aufliegend sind, so ergibt sich eine Maximal-Inanspruchnahme von nur 680^{kg} am Fusse und von 669^{kg} am Kopf der Schiene. Eine solche Beanspruchung ist für Flusseisen von 45^{kg} bis 50^{kg} absoluter Festigkeit und einer Querschnitts-Contraction von 45^{0/0} bis 35^{0/0} eine sehr mässige.

Diese Schiene kann jedoch um etwa 10^{mm} abgefahren werden, dann verringert sich deren Höhe auf 120^{mm} und der Querschnitt auf etwa 39.5^{cm}, je nachdem sie seitwärts abgenützt wird, was in Curven mehr der Fall ist, als in gerader Bahn. Das Gewicht per laufenden Meter sinkt dann auf etwa 30.5^{kg} und der Schwerpunkt auf etwa 57^{mm} der Fussfläche und 63^{mm} von der horizontalen Tangente an die Kopffläche; das Trägheitsmoment vermindert sich auf 716 für Centimeter. Eine so abgefahrne Schiene wird dann durch einen Raddruck von 7000^{kg} bei 80^{cm} Stützweite und der Annahme, dass sie an einem Ende fest eingespannt und am andern Ende frei aufgelagert ist, in Anspruch genommen am Fuss mit 764^{kg} und am Kopf mit 845^{kg} per Quadrat-Centimeter, welche Anspruchnahmen unter allen Umständen noch zulässig erscheinen. Die unsymmetrischen Schienen bedingen auch ungleiche Laschen. Von den hier in Fig. 15 verzeichneten Laschen ist die innere etwas niedriger zwischen den Stützflächen als die äussere, aber etwas breiter, den inneren Stützflächen entsprechend; die äussere Lasche ist mit einer Flansche versehen, welche über den Schienenfuss greift und sich zwischen die zu beiden Seiten des Schienenstosses liegenden eisernen Querschwellen herabsenkt, um das Wandern der Schienen zu verhüten. Die innere Lasche hat einen Querschnitt von 16.757^{cm}, ein Gewicht per laufenden Meter von 13.07^{kg} und ein Trägheitsmoment in Bezug auf die in der Mitte liegende Schwerachse von 84.7 für Centimeter; die äussere Lasche hat einen Querschnitt von 23.85^{cm}, ein Gewicht per laufenden Meter von 18.6^{kg} und ein Trägheitsmoment von 189.3 für Centimeter, bezogen auf ihre Schwerachse, welche 52.5^{mm} von der unteren Fläche entfernt liegt. Die Summe der Trägheitsmomente beider Laschen ist somit 274 für Centimeter; aber in Bezug auf ihre gemeinschaftliche Schwerachse, welche 56.7^{mm} von der Unterkante der äusseren Lasche liegt, oder 41.7^{mm} über der Fussfläche der Schiene, berechnet sich das Gesamtträgheitsmoment auf = 284 für Centimeter.

Wenn nun die zu beiden Seiten des schwebenden Stosses liegenden Querschwellen 50^{cm} von Mitte zu Mitte entfernt sind, so beträgt die freie Auflagerweite 50 — 15 = 35^{cm} und jedes Schienenende ragt nur 17.5^{cm} über die Schwellenkante frei vor. Ohne Laschenverbindung wird daher die Anspruchnahme der Schiene über der Stütze, bei einer Belastung am Ende mit 7000^{kg} betragen:

$$\text{am Fuss} = \frac{Qlw}{t} = \frac{7000 \cdot 17.5 \cdot 6.55}{925} = 864^{\text{kg}}$$

$$\text{am Kopf} = \frac{Q l v}{t} = \frac{7000 \cdot 17.5 \cdot 6.45}{925} = 854^{\text{kg}}$$

und die Einsenkung am Ende wird bei eingespannter Schiene sein:

$$f = \frac{Q l^3}{3 \cdot \varepsilon \cdot t} = \frac{7000 \cdot 17.5^3}{3 \cdot 2000000 \cdot 925} = 0.0068^{\text{cm}} = 0.068^{\text{mm}}.$$

Die beiden Laschen werden bei Annahme einer freien Auflagerung auf eine Stützweite von 35^{cm} in Anspruch genommen, und zwar

$$\text{die äussere mit } \frac{Q l}{4} \cdot \frac{v}{t} = \frac{7000 \cdot 35 \cdot 5.68}{4 \cdot 284} = 1225^{\text{kg}}$$

$$\text{die innere mit } \frac{7000 \cdot 35 \cdot 5.3}{4 \cdot 284} = 1143^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-}$$

Centimeter. Die Laschen werden aber nie so in Anspruch genommen, als ob sie frei auflagern und in der Mitte belastet sind, denn sie sind mit den Schienen fest verschraubt und der Schienenstrang ist als ein continuirlicher Träger zu betrachten; dessen Querschnitt an der Stossstelle der Schienen, oder vielmehr zwischen den beiden zunächst des Schienenstosses liegenden Querschwellen nur ein Trägheitsmoment von 284 für Centimeter, nämlich das der Laschen hat, und nicht mehr 925, wie die Schienen zwischen den übrigen Querschwellen. Wird nun der Schienenstrang wieder so betrachtet, dass er an einem Ende verspannt ist und am andern Ende frei aufliegt, so ist die ungünstigste Anspruchnahme der äusseren Lasche:

$$A = 0.1714 \cdot Q l \cdot \frac{v}{t} = \frac{0.1714 \cdot 7000 \cdot 35 \cdot 5.68}{284} Q = 840^{\text{kg}}$$

und die grösste Einbiegung

$$f_{(m)} = 0.0098 \cdot \frac{Q l^3}{\varepsilon \cdot t} = \frac{0.0098 \cdot 7000 \cdot 35^3}{2000000 \cdot 284} = 0.0052^{\text{cm}},$$

die innere Lasche ist aber nur mit 784^{kg} in Anspruch genommen. Es ist damit dargethan, dass das hier verzeichnete Laschenpaar genügend stark ist und zwar umsomehr, als die Schienen an dem einen unbelasteten Ende doch nicht ganz frei aufliegend, sondern als theilweise verspannt betrachtet werden können, da die Schienen und daran befestigten Querschwellen ein grosses Gegenmoment bilden, es werden also die Einbiegung und die Materialien-Anspruchnahme in Wirklichkeit geringer sein, als die vorstehend für den ungünstigsten Fall berechneten. Aus vorstehender Berechnung der Anspruchnahme der Laschen geht aber auch hervor, dass letztere aus einem sehr guten Material, das dem der Schienen mindestens gleich kommt, angefertigt werden sollen, und dass es fehlerhaft ist, für einen Stahlschienen-Oberbau, Laschen aus weichem Eisen zu verwenden, wie dies bei einzelnen Bahnverwaltungen zuweilen noch geschieht.

Es dürfte hier am Platze sein, auf einen wie mir scheint bisher zu wenig beachteten Uebelstand bei dem Walzen breitbasiger Schienen aufmerksam zu machen. Es ist nämlich Thatsache, dass die Schienenfüsse selten gerade und zuweilen auch nicht ganz normal auf der Achse der Schienen stehen, sondern meist etwas convex gekrümmt sind; dies hat seinen Grund in der ungleichen Abkühlung des Materiales während und nach dem Walzprocesse. Sind die Differenzen, die sich ergeben, gross, so werden die

Schienen allerdings kalt nachgerichtet, welche Manipulation bei Eisenschienen keine grosse Schwierigkeit bietet und auch weniger schädlich ist als beim Stahl; kleinere Abweichungen werden jedoch gewöhnlich belassen, insbesondere bei Stahlschienen, weil durch das kalte Nachrichten das Stahlmaterial sehr leidet.

Dass die untere Schienenfussfläche nicht immer eben ist und nicht immer normal auf der Schienenachse steht, wird bei befahrenen Geleisen sofort daran erkannt, dass die befahrene, sich durch einen gewissen Glanz bemerklich machende Fahrfläche, nicht einen geraden, in der Mitte des Schienenkopfes hinlaufenden, sondern einen schlangenförmig gewundenen, von der Mittellinie bald nach rechts, bald nach links abweichenden Glanzstreifen bildet.

Bei Verwendung solcher Schienen auf hölzernen Querschwellen können kleine Abnormalitäten durch Nachdixeln der Schwellen unschädlich gemacht oder durch die Weichheit und Elasticität des Holzes ausgeglichen werden; trotzdem findet man sehr häufig, dass die Schienen sich auf der unebenen, meist runden Fussfläche wälzen und die Schienen-nägel lockern, so dass nach einiger Zeit des Befahrens zwischen Nagelkopf und Schienenfuss sich ein lichter Spielraum von 1 bis 2^{mm} zeigt und die Nägel die Schienen nur noch gegen horizontale Verschiebungen, aber durchaus nicht mehr gegen verticale Bewegungen und Verdrehungen schützen; der Schienenfuss wirkt eben wie eine Hebelzange auf den Hakennagel. Da die Schraubennägel einer solchen wälzenden Hebelwirkung grösseren Widerstand entgegensetzen als die gewöhnlichen glatten Hakennägel, so haben die ersteren, obschon sie viel theurer sind, eine so allgemeine Anwendung gefunden.

Bei Verwendung von eisernen Querschwellen treten nun die Unzukömmlichkeiten einer unebenen Schienenfussfläche viel mehr zu Tage als bei Holzunterlagen, denn die eisernen Querschwellen können nicht nachgedexelt werden und haben nicht die Weichheit und Elasticität, um sich der Form des Schienenfusses anzupassen; es werden daher die Wälz- und Hebelwirkungen der abnormalen Schienen sich umso unangenehmer bemerklich machen, je höher die Schiene und je breiter und unebener die Schienenfussfläche ist.

Es wäre daher von besonderem Werthe, wenn der Schienenfuss etwas hohl gewalzt würde, wie dies in Fig. 15 angedeutet ist; dadurch wäre das Wälzen der Schiene hintangehalten und erhielte dieselbe eine grössere Stabilität. Das Walzen solcher Schienen ist sehr wohl möglich, dieselben müssen nur noch durch ein weiteres Kaliber gezwängt werden. Ich möchte diese Neuerung in der Schienenform den Herren Hüttenmännern und namentlich den Herren Eisenbahntechnikern, welche sich mit eisernem Oberbau beschäftigen, bestens empfehlen.

Obschon ich in der verschiedenen Lochung der Querschwellen für Curven, namentlich für Uebergangs-Curven von der Geraden in die Bögen, keine so grosse Schwierigkeit erblicke, wie einige Fachgenossen dafür halten, so gebe ich doch zu, dass der Oberbau noch mehr vereinfacht, praktischer und handlicher wird, wenn man die Lochungen

der Schwellen für alle Curven, auch für die verschiedenen Uebergangs-Curven, ganz gleich machen kann, und auch nur eine Sorte von Befestigungsplatten und Bolzen nöthig hat. Dies lässt sich erreichen, wenn man das von mir oben angewendete System der Ansätze an die Pratztenplatten zur Uebertragung der auf die Schienen wirkenden Seitenkräfte auf den Rücken der Querschwellen in Verbindung bringt mit den von Herrn Ober-Ingenieur Lazar seiner Zeit vorgeschlagenen polygonalen Klemmplatten, deren Seitenflächen vom Mittelpunkt der Befestigungsbolzen ungleich entfernt absteilen. (Siehe „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“, Jahrgang 1879, pag. 130.)

Die Figuren 16, 17, 18 und 19 zeigen die Formen solcher Pratztenstücke in oberer und unterer Ansicht, sowie im Durchschnitt sammt der Lochung der Querschwellen und der Form der Befestigungsbolzen. Die excentrisch stehenden Seitenflächen sind je 3 bis 5^{mm} entfernter vom Mittelpunkt, so dass man bei sechseckiger Form dieser Einsatzstücke, deren Seitenflächen um 3, 5, 7 9 und 12^{mm}, in der Breite differiren, bei jedem Geleisestrange 12^{mm} bei beiden Geleisesträngen somit 24^{mm} Differenz in der Spurweite erzielen und folgende Einzel-Differenzen 0, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21 und 24^{mm} herstellen kann.

Bei sieben- oder achteckiger Form dieser Einsätze lassen sich Einzel-Differenzen von 1^{mm} zu 1^{mm} und bis auf 30^{mm} Gesamt-Differenz erreichen, doch dürften die vorstehend angeführten 16 verschiedenen Differenzen in der Praxis bei Hauptbahnen immer ausreichen, da eine Maximal-

Erweiterung bis 30^{mm} zwar zulässig, aber nicht nothwendig ist und nach den neuesten Erfahrungen nicht einmal rathlich erscheint.

Die Befestigungsbolzen erhalten oberhalb der länglichen Köpfe Ansätze, conform mit den Pratzeneinsätzen, nämlich sechsseitige (sieben- oder achtseitige); diese Bolzen dienen ebenfalls nur zum verticalen Zusammenhalt und haben keinen seitlichen Kräften zu widerstehen, durch welche sie verbogen oder irgend wie beschädigt werden können, das oben von mir aufgestellte Princip, die seitlichen Kräfte von den Geleisesträngen durch die Ansätze der Pratztenplatten direct auf die Schwellen zu übertragen, ist also auch bei dieser Anordnung gewahrt!

Da bei den Stossschwellen und solchen in Curven beim auswärtigen Strange jeweil auf der Aussenseite zwei Befestigungsstücke angebracht werden sollen, so stehen dieselben bei der angenommenen minimalen oberen Schwellenbreite von nur 15^{cm}, etwas über die Kanten vor, so dass die Laschenansätze zur Verhinderung der Wanderung nicht mehr an die Querschwellen anstossen können; diesem Umstande kann abgeholfen werden, entweder durch Erbreiterung der Schwellen um 2^{cm}, oder dadurch, dass man die Laschen mit den Ansatzflanschen auf die innere Seite des Geleisstranges legt; das Letztere dürfte vorzuziehen sein, um gleiche Schwellen beibehalten zu können und um das Gewicht der Querschwellen durch die Erbreiterung nicht zu vermehren.

H. Schmidt.

Trocken-Anlagen für Zündwaarenfabriken.

System Ingenieur J. Rosenberg, Iglau.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 20 und 21.)

Die Zündholzfabrication erfordert eine Trocken-Anlage, welche aus mehreren aneinander gereihten Kammern besteht, die gleichmässig temperirt, ventilirt und ausgekühlt werden können. Bei Fabriken, welche behufs grösserer Leistungsfähigkeit einer grösseren Anzahl von Kammern bedürfen, konnte man jedoch bei der bis jetzt üblichen Bauart der Trocken-Anlagen keine zufriedenstellende Resultate erzielen, was umso bedauerlicher ist, als die Trocknung und Galvanisirung der Waare auf ihre Qualität und Schönheit den grössten Einfluss übt.

Es ergaben sich nämlich Uebelstände, welche so lange nicht behoben werden konnten, als man bei dem alten Grundriss und der gebräuchlichen Oefenanordnung verharrete, denn diejenigen Kammern, welche sich direct über oder in der Nähe des Ofens befanden, waren zu heiss, die entfernteren dagegen zu kalt. Die Wärme, welche aus den Oefen in die Leitungscanäle gelangt, konnte nicht regulirt werden und die Temperatur schwankte in dem Maasse, als das Feuer mehr oder weniger intensiv brannte, so dass bald die nahen, bald die entfernteren Kammern im Nachtheile waren.

Ebenso, wenn nicht schlechter, wie mit der Beheizung verhielt es sich mit der Ventilation der Trocknerei. Die Zündwaaren sollen nicht durch grosse Wärme, sondern durch Luftzug getrocknet werden, damit der, die Zündköpfchen vor Feuchtigkeit schützende Lack nicht Risse bekomme und der durch grosse Wärme verglaste Gummi die Köpfchen beim Reiben nicht abspringen mache, ferner damit die geheizten Kammern sobald als möglich auskühlen, um die weitere Manipulation nicht zu verzögern.

Hauptsächlich aber soll die Ventilation die gesundheits-schädlichen Phosphor- und Schwefeldämpfe schnell ableiten und frische Luft einführen.

Bei der üblichen Bauart ist jedoch diese Anforderung gerade am wenigsten gelöst.

Ich habe deshalb versucht, eine solche Anordnung zu treffen, welche diese erwähnten Uebelstände beseitiget und dieses neue System der Trocken-Anlage beim Baue der Zündwaarenfabrik in Bukarest (Erzeugungsfähigkeit 15 Mill. Hölzchen pro Tag) in Anwendung gebracht.

Aus den mitgetheilten Zeichnungen (Blatt 20 u. 21) ist unschwer ohne weitere ausführliche Beschreibung die Art

und Weise zu erkennen, in welcher die Anlage functionirt und wäre vielleicht nur hervorzuheben, dass ich in der Trocknungs-Anlage auch die gesundheitsschädlichen Manipulationslocalitäten als: die Wachslerei, die Schweflerei und die Massetunklocale mit einbezogen habe, so dass in den anderen Fabriksgebäuden keinerlei Manipulation, welche die Gesundheit schädigt, verrichtet wird und sich daselbst nur die Holzdraht-Hoblerei, Schachtel- und Kistenfabrication, die Einlegerei etc. und die weniger lästige Ausnehmerei befinden. Es kann jedoch die letztgenannte Arbeit mit einer kleinen Aenderung behufs Stiegenzubau in einen Theil des ersten Stockes der Trocknerei verlegt werden, da es sich erwies, dass nur zwei Drittel des vorgesehenen Raumes zur Holzdraht-Trocknung nothwendig sind.

Das Magazin für Phosphor und andere feuergefährliche Chemikalien, sowie die Phosphormasse-Bereitung ist in einem gänzlich separirten zu diesem Zwecke erbauten Hause untergebracht.

Die innere Einrichtung ist folgende:

Um den oblongen Tunksaal in welchem 2 Tunköfen für Schwefeln und Wachseln (*c*), 2 Tunksteine (*a*) und zwei Pressen (*b*) stehen, gruppiren sich die Trockenkammern von 1—16. Auf jeder Langseite des Saales befinden sich 8 Kammern, welche in den Schmalseiten des Polygons 2 Ausgänge frei lassen, die in einen ringsum laufenden Corridor führen. Der Tunksaal ist mit Oberlicht versehen und werden hiedurch mittelst in der Wand des Tunksaales angebrachter Fenster auch die Kammern beleuchtet.

Unter dem Tunksaal ist das Wärmemagazin oder der Wärmesammler (*II*) aus 2 je von einem Ofen beheizten Abtheilungen bestehend, mit der Rauchrohrheizung (*R*) und den regulirbaren Einstromschläuchen (*Z*) für kalte Luft. Unter dem Wärmesammler ist der Schürerraum mit 2 Oefen (*E*), einer für je 8 Kammern. Der Zugang zum Schürerraum wird aus dem Gange mittelst einer Stiege bewerkstelligt. Das Brennmaterial wird durch die verschliessbare Oeffnung (*n*) eingebracht.

Im Schürerraum sind zwei Kamine (*h*) angelegt, welche durch den Wärmesammler, wo die Rauchrohre (*R*) und durch den Tunksaal, wo die Tunköfen und Ventilations-schläuche der Kammern, in jeden Kamin je 8, einmünden, hindurchgehen. Der Querschnitt der Kamine ist bis zu einer gewissen Höhe einem 9läufigen Revolver zu vergleichen, bei welchem um ein Mittelrohr sich noch 8 andere Rohre anschliessen. Durch das Mittelrohr (*h*) geht der Rauch der Ofenheizung ab und erhält, den Zug fördernd, den Gesamtkamin in Wärme; die anderen 8 Rohre saugen die Luft aus den Kammern.

Um die 16 Kammern läuft ein Gang, in welchen die Kammerthüren münden und dessen 2 Abzweigungen die Trocken-Anlagen mit den anderen Fabriks-Gebäuden verbinden.

Im ersten Stock sind 4 Abtheilungen, von welchen 2 die Grösse von je 4 Kammern und 2 die Grösse von je

4 Kammern und einem Verbindungsgange erhalten. Der Zugang zum 1. Stock ist absichtlich aus dem Tunksaal durch eine verstellbare Stiege bewerkstelligt und obzwar die 4 Räume des 1. Stockes durch Thüren verbunden sind, führt dennoch ein Gang über den Tunksaal um die 2 Längenseiten kürzer zu verbinden. Das Einlegen und Ausnehmen des Holzdrahtes geschieht immer nach Feierabend.

Wie aus den Plänen ersichtlich ist, sind alle Wärmeleitungsanäle der Kammern gleich lang und strömt in dieselben eine gleiche Wärme ein.

Um die Wärmegrade im Wärmesammler constatiren zu können, führen vom Pflaster des Tunksaales zwei oben verschliessbare Eisenrohre, durch welche zwei lange Thermometer hängen, in den Wärmesammler um nach Bedarf, entweder durch Schürren oder durch Zuströmung der kalten Luft, mittelst der Schläuche (*Z*) die innere Temperatur zu reguliren.

Die Schubler zu den Heizcanälen, sowie zu der Kammerventilation, befinden sich desgleichen im Tunksaal, die transparenten Kammerthermometer hängen an der inneren Seite der Kammerfenster, so dass ein einzelner Mann die Schwefel-, Wachs- und Tunkmanipulation, sowie die Ventilirung übersieht und leitet. In den 1. Stock führen 8 Warmluftschläuche, deren Schubler sich ebenfalls im Tunksaal befinden.

Die Zuströmung der kalten Luft in die Kammern geschieht durch die Canäle (*k*), welche durch die Gitter (bei *l*) abgeschlossen sind; da die Zuleitungsanäle der kalten Luft immer offen sind, geschieht die Zuströmung der kalten Luft sofort, als die Ventilations-schubler geöffnet werden und da alle Schubler eine Scala haben, so dass die Sperrung der Ventilations-schläuche von $\frac{1}{8}$ —1 vor sich gehen kann, ist es ermöglicht bei $\frac{1}{8}$ Schubleröffnung die Luftcirculation in der Kammer continuirlich zu erhalten. Zeigt ein Kammerthermometer eine höhere Temperatur als nothwendig ist an, so wird das sofortige Sinken derselben durch volles Oeffnen der Ventilations-schubler erzielt und umgekehrt ein Steigen der Temperatur durch die Handhabung des Schublers für die warme Zuleitung.

Die Ventilation der Drahttrocknerei und des äusseren Ganges, geschieht durch die Schieberstellung (*V*), welcher die 12 Eckkamine aufschliesst und sperren kann, die Ventilation des Tunksaales erzielt man durch die bedeutende Höhe desselben, dann durch die Jalousien, zu welchen man auf der Galerie (*G*) gelangt.

Das Glaspflaster (*d*) ermöglicht die Beleuchtung der 2 Wärmemagazine. Durch die versperrbaren Einsteigrahmen (*d*), gelangt man zur Rohrheizung, um das Putzen derselben vollziehen zu können.

Dieses Trocken-System, auf das ich bereits die Patentreue besitze, kann auch für andere Industriezweige vorthellhaft benützt werden, wie etwa für Tabak, Wolle etc.; auch kann dasselbe mit entsprechender Umänderung zur Fabrication von Militär-Zwieback Anwendung finden.

Umsteuerung mit Schleifen-Mechanismus und variabler Expansion.

Von **Ferd. Milsche**, Ingenieur der K.-Od.-Bahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 22.)

Zur Beschreibung dieser Steuerung möge die Ausführung in Fig. 1 dienen. Es bezeichnen $K K_1$ die beiden Excenter, welche in den Führungsringlagern $L L_1$ centrisch sich drehend, in Schleifen S , welche zwischen Führungslinealen geführt werden, eine auf- und abgehende Bewegung machen können, und vermöge der Excentricität dieselbe gleichzeitig in Richtung $z z$ hin- und herschieben.

Die Führungslineale sind bei Locomotiven mit aussenliegenden Rädern direct an der Frames-Innenseite, bei innenliegenden Rädern an separaten Führungsträgern befestigt.

Die Schleifen S müssen natürlich eine derartige Länge besitzen, um das Spiel der Tragfedern zu gestatten, hiedurch, und durch Befestigung am Rahmen, den Einfluss des Feder-spieles auf die Steuerung hintanhaltend.

Theorie. Es mögen zur Bestimmung des Schieberweges und des Schiebermittels vom Achsenmittel, nachfolgende Bezeichnungen gelten:

R = Kurbellänge,

$OD OD_1 = r$ = Excentricität,

O = Wellenmittel,

O_1 = Angriffspunkte der beiden Excenterstangen in der in Fig. 2 schwach gezeichneten Stellung.

l = Länge der Excenterstangen,

l_1 = Länge der Schieberstange von M bis B gemessen,

$C C_1$ = Steuerungscoulisse,

$2c$ = Steuerungscoulisse Sehnenlänge,

$u = CM$ = Abstand des Angriffspunktes C von der XX Achse,

δ = Voreilwinkel,

ω = Kurbel-Drehwinkel,

α = Neigungswinkel der Coulisse gegen die YY Achse.

Denkt man sich nun die Kurbel R (Fig. 2) aus der schwach gezogenen Lage nach R_1 um den Winkel ω gedreht, so kommen die Steuerungstheile in die stark gezogene Lage. Zur Bestimmung der Entfernung des Schiebermittels B vom Achsenmittel O hat man nun die Beziehung:

$$1) \quad OB = FO - M_1 F + M_1 M + MB.$$

Um aber OB aus 1) bestimmen zu können, ist es nothwendig, vorher einige Grössen der Gleichung 1) zu berechnen.

Zur Ermittlung der jeweiligen Lage der Coulissen-sehne CC_1 gegen YY also α hat man

$$2) \quad \sin \alpha = \frac{FF_1}{CC_1} = \frac{OF - OF_1}{2c}$$

wenn c d. i. die halbe Coulissen-sehnenlänge als $\frac{CC_1}{2}$ = halbe Coulissenlänge genommen wird.

Für OF gilt ferner folgende Relation:

$$OF = e + r \sin(\delta + \omega) + \sqrt{l^2 - (u \cos \alpha)^2},$$

worin e eine Constante, welche gleich der Entfernung O_1 von der Peripherie der Excenterscheiben-Mittelpunkts-

kreise ist, bezeichnet, oder wenn für den kleinen Winkel α das $\cos \alpha = 1$ genommen und bei der Reihenentwicklung die Glieder mit l in höheren Potenzen als Nenner weggelassen werden,

$$3) \quad OF = r \sin(\delta + \omega) - \frac{u^2}{2l} + l + e$$

Auf selbe Weise ist ferner

$$OF_1 = e + r \sin(\delta - \omega) + \sqrt{l^2 - [(2c - u) \cos \alpha]^2}$$

$$4) \quad = r \sin(\delta - \omega) \frac{(2c - u)^2}{2l} + l + r$$

Setzt man die so erhaltenen Werthe in Gleichung 2) ein, so folgt nach gehöriger Reduction:

$$5) \quad \sin \alpha = \frac{r}{c} \cos \delta \sin \omega + \frac{c - u}{l}$$

Um nun OB bestimmen zu können, braucht man nur die Werthe aus 3) und 5) in Gleichung 1) einzusetzen, hieraus

$$OB = r \sin(\delta + \omega) - \frac{u^2}{2l} - u \sin \alpha + \frac{c^2}{2l} - \frac{(c - u)^2}{2l} + l + l_1 + r$$

$$6) \quad = r \sin(\delta + \omega) - \frac{ur}{c} \cos \delta \sin \omega + l + l_1 + r$$

Soll nun die Steuerung nach beiden Seiten gleich functioniren, so muss der Schieber von einem noch zu bestimmenden Schwingungsmittelpunkt aus nach beiden Seiten hin gleich weit hin- und herschwingen.

Zur Feststellung dieses Mittelpunktes OX braucht man daher nur in 6) die beiden Werthe von $\omega = 0$ und $\omega = 180^\circ$ einzusetzen u. z. für $\omega = 0$ ist

$$7) \quad OB_3 = r \sin \delta + l + l_1 + r$$

für $\omega = 180^\circ$ ist

$$8) \quad OB_2 = -r \sin \delta + l + l_1 + r$$

Für die Bedingung des symmetrischen Hin- und Herschwingens von X aus muss aber

$$OX = \frac{OB_2 + OB_3}{2} \text{ sein, somit ist}$$

$$9) \quad OX = l + l_1 + r$$

Will man nun die Grösse des eigentlichen Schieberweges wissen, so bestimmt sich derselbe einfach durch Subtraction der Gleichung g von 6

$$\xi = OB - OX$$

$$10) \quad \xi = r \sin(\delta + \omega) - \frac{ur}{c} \cos \delta \sin \omega$$

setzt man

$$r \sin(\delta + \omega) = A$$

und

$$-\frac{ur}{c} \cos \delta = B$$

so ist

$$11) \quad \xi = A + B \sin \omega$$

Construirt man das Diagramm (Fig. 3) und macht

$$OB = a = \frac{A}{2} \text{ und}$$

$$BC = b = \frac{B}{2} \text{ wobei } b \text{ als negativ in entgegen-}$$

gesetzter Richtung von u aufgetragen werden muss, so ist bei $\omega = 0$ oder $\omega = 180^\circ$ für alle Coulissenstellungen constant

$$OB = \frac{A}{2} = \frac{r}{2} \sin \delta$$

und BC für jede Coulissenstellung variabel

$$BC = \frac{B}{2} = \frac{ur}{c} \cos \delta \text{ hieraus folgt der}$$

wichtige Satz:

Das Voreilen ist bei allen Expansionsgraden constant.

Die Centralcurve ist demnach eine gerade Linie, wie bei der Steuerung von Goach, Heusinger v. Waldegg und Pius Fink.

Das Diagramm für die Rückwärtsfahrt ist demnach, nachdem der Schieber auf beiden Seiten für gleiches Voreilen justirt werden muss und die Voreilwinkel gleich sind, vollkommen gleich der Vorwärtsfahrt. Eine nähere Erklärung des Polardiagrammes (Fig. 3) wird als bekannt, daher überflüssig, weggelassen.

Die durchgeführten Ableitungen verstanden sich für offene Stangen. Um die Formeln für gekreuzte Stangen verwenden zu können, braucht man nur in Gleichung 6), 10) und 11) die für die Glieder mit u und c geltenden Vorzeichen zu ändern, allgemein ist

$$12) \quad OB = r \sin(\delta + \omega) \mp \frac{ur}{c} \cos \delta \sin \omega + l + l_1 + r$$

$$13) \quad \dots \quad \dot{\xi} = r \sin(\delta + \omega) \mp \frac{ur}{c} \cos \delta \sin \omega$$

$$14) \quad \dots \quad \dot{\xi} = A \pm B \sin \omega$$

wobei das obere Zeichen für offene, das untere für gekreuzte Stangen gilt.

Die eben behandelte Steuerung gewährt daher die Vortheile eines constanten Voreilens bei sämtlichen Expansionsgraden und gänzlichem Verschwinden des sogenannten Fehlergliedes, welches sich nach Zeuner's Schiebersteuerungen, pag. 102, für die Stephenson'sche Steuerung

$$\text{mit} \quad \frac{r^2}{2c} (\cos 2\delta \sin \omega \pm \frac{u}{c} \sin 2\delta \cos \omega) \sin \omega$$

stellt und bei kurzen Excenterstangen und kleinem $\frac{l}{r}$ ferner bei kurzen Kurbelstangen von grossem Einfluss auf die gleiche Dampfvertheilung ist.

Aus Gleichung 13 erhellt ferner, dass die richtige Dampfvertheilung dieser Steuerung von der Länge l der Excenterstangen gänzlich unabhängig ist.

Ueber die Aufhängung der Coulisse gelten die Regeln nach Zeuner, pag. 74, falls nicht eine Gradführung (Fig. 1) angewendet werden sollte, welche jedenfalls einer Aufhängung vorzuziehen wäre.

Die Gradführung (Fig. 1) besteht aus den Führungsstangen g , welche in der Mitte die Schleife f besitzen und in den Führungen ii auf- und abbewegt werden können. Backen e ist mit der Coulisse so verbunden, dass derselben eine drehende Bewegung gestattet ist, und in Schleife f eine hin- und hergehende Schwingung machen kann.

Das Führungsstück fg wird in m von der Hebestange h gefasst und durch Hebel rr , je nach Bedarf nach m_1 oder m_2 bewegt. Welle o ist für beide Maschinen gemeinschaftlich und an der Führerseite mit Hebel os versehen, welcher durch Zugstange z mittelst Hebel H vom Führerstande aus indirect bewegt werden kann.

Das Gegengewicht ξ mit Hebel r dient zur leichteren Bewegung der Steuerungstheile durch Ausbalanciren.

Würde eine derartige Steuerung mit der von Redtenbacher vorgeschlagenen und in Heusinger v. Waldegg's „Locomotivbau“ bestens empfohlenen Schleifenmechanismus der Hauptkurbeln verbunden, so wäre dies wohl die vollkommenste Dampfmaschine für Locomotiven. Diese Schleifen, welche bei dem jetzigen Stande der Fabriks-Einrichtungen aus Gussstahl sehr leicht herzustellen wären und bei innenliegenden Rädern sogar das Kuppeln mehrerer, in gemeinschaftlicher Führung sich bewegender Schleifen zulassen, wären wohl der Beachtung werth, nachdem durch Redtenbacher's theoretische Abhandlungen über die störenden Bewegungen der Locomotiven, zur Genüge erhellt, dass diese Anordnung die richtigste ist, um einen guten, ruhigen Gang der Locomotiven zu erzielen.

Studie über aërodynamische Grundformeln an der Hand von Experimenten.

Von Ober-Ingenieur **Friedrich Ritter v. Lössl.**

Vorgetragen von dem Verfasser in den Versammlungen der flugtechnischen Gruppe am 4. und 18. Februar 1881.

Die in neuester Zeit veröffentlichten vielfältigen Abhandlungen über die Möglichkeit des mechanischen Fluges und die von verschiedenen Autoren hierüber aufgestellten ungleichartigen Behauptungen und manchmal sich gegenseitig widersprechenden rechnerischen Schlussfolgerungen führten den Vortragenden zu dem Entschlusse, die als Ausgangspunkt aërodynamischer Berechnungen dienenden physikalischen Lehrsätze, mathematischen Formeln und sogenannten Erfahrungs-Coëfficienten, insofern diese Prämissen schwankend und unsicher sind, einer sorgfältigen experimentellen Controle zu unterziehen, um bei der Wichtigkeit des Gegenstandes wo möglich eine absolute Gewissheit hierüber zu erlangen. —

Da bezüglich des mechanischen Fluges vornehmlich jenes Constructionsprincip in Betracht kommt, welches mittels Bewegung geneigter Flächen einen verticalen Hub oder Auftrieb bezweckt, und

welches ebensowohl den drachenartig in der Luft bewegten Flugkörpern als auch der schraubenartigen Function rotirender Flügelflächen, sowie schliesslich jeder mechanischen Bewegung im Luftraume, einschliesslich des Flügel- oder Ruderschlages, zu Grunde liegt, so mussten die zu unternehmenden Experimente sich zunächst auf die primäre Leistung des Luftstosses, beziehungsweise Luftwiderstandes und dann in zweiter Linie auf die bezüglichen Wirkungen bei schief gestellten Flächen richten. Dies schien um so weniger überflüssig, als der Forscher Weissbach in seinen als massgebend anerkannten Werken die rückhaltlose Erklärung abgibt, dass das Gesetz des Windstosses und Luftwiderstandes keineswegs vollständig bekannt und sicher begründet sei, und als auch seither eine genügend strenge Untersuchung und Klärung dieser Materie durch andere Physiker noch nicht unternommen worden zu sein scheint.

Wirklich zeigten auch die angestellten Experimente bald, dass die thatsächliche Wirkung des Luftstosses, beziehungsweise Widerstandes auf andere mathematische Formeln und Coëfficienten hinweist, als sie gegenwärtig den aerodynamischen Berechnungen gewöhnlich zu Grunde gelegt werden.

Deshalb war es im Interesse der wissenschaftlichen Lehre der Aërodynamik gelegen und kann es nur zur Förderung der flugtechnischen Forschung beitragen, wenn die an der Hand von Experimenten gefundenen mathematischen Resultate und die bei den Experimenten angewandte Verfahrungsweise selbst hiemit weiteren Kreisen zur Kenntniss und Beurtheilung vorgelegt wird. —

Für den Stoss P eines Flüssigkeitsstrahles, welcher normal, d. i. rechtwinkelig gegen eine in Ruhe befindliche ebene Fläche gerichtet ist, gilt ohne Unterschied, ob die Flüssigkeit aus Wasser oder Luft oder einem sonstigen Stoffe bestehe, unbestritten die (ebenso auch beim Stoss fester Körper anzuwendende) Formel:

$$P = v \cdot Q \frac{\gamma}{g},$$

worin bei Zugrundelegung metrischen Maasses und Gewichtes: v die Geschwindigkeit der stossenden Materie in Metern pro Secunde, Q das Quantum der Flüssigkeit, welches pro Secunde zum Stosse gelangt, in Kubikmetern, γ die Dichte oder das Gewicht einer Kubikeinheit d. i. eines Kubikmeters der Flüssigkeit in Kilogrammen, und g die Beschleunigung der Schwere d. i. 981^m bedeutet. Nennen wir die vom Flüssigkeitsstrahle getroffene Flächengrösse in Quadratmetern F , so kann, da F zugleich den Querschnitt des Strahles ausdrückt, das Flüssigkeitsquantum

$$Q = F v \text{ gesetzt werden.}$$

Hiernach erhalten wir dann für die Grösse des Stosses oder Druckes die Formel:

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{g}.$$

Wenn es sich nun aber nicht um einen einzelnen isolirten Flüssigkeitsstrahl handelt, sondern um eine unbegrenzte Flüssigkeit, welche in ihrer Fortbewegung auf eine gegen ihre Bewegungsrichtung normal gestellte in Ruhe befindliche Fläche stösst, so entsteht die Frage, welchen Stoss oder Druck unter dieser Voraussetzung die bewegte Flüssigkeit auf die stillstehende Fläche ausübt. Da die Wirkung des Zusammenstosses theoretisch die nämliche sein muss, ob die Flüssigkeit sich gegen eine ruhende Fläche bewegt, oder ob eine Fläche in der ruhenden Flüssigkeit sich fortbewegt, wobei im zweiten Falle als Widerstand der Flüssigkeit bezeichnet wird, was im ersten Falle Stoss oder Druck heisst, so kann die gestellte Frage auch lauten, welchen Widerstand eine in der ruhenden unbegrenzten Flüssigkeit sich normal fortbewegende Fläche zu überwinden hat.

Es ist nicht wohl einzusehen, warum das allgemeine Gesetz für den Stoss oder Widerstand der Flüssigkeiten, wie es für isolirte Strahlen gilt, nicht auch für unbegrenzte Flüssigkeitsmengen Geltung haben sollte. Man sieht keinen Grund, warum die gegen die Fläche anrückende Flüssigkeitssäule auf dieselbe deshalb weniger Druck ausüben soll, weil sie auf allen Seiten noch von anderen fortschreitenden Flüssigkeitsmassen umgeben ist. Man kann sogar in Rücksicht auf die Schwierigkeit des seitlichen Ausweichens der Flüssigkeitsmassen eher auf das Gegentheil schliessen.

Obwohl nun Weissbach die nämliche Anschauung als berechtigt anerkennt, so erscheint bei ihm dennoch die Formel, welche für den Stoss isolirter Flüssigkeitsstrahlen

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$$

lautet, später für den Stoss nicht isolirter Flüssigkeitssäulen in der Abänderung

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{2g},$$

so dass also die Stosswirkung, mit einem Male und ohne eingehende Motivirung, durch den Divisor 2 auf die Hälfte ihres Betrages herabgesetzt ist. Gleich ihm haben dann fast alle späteren Autoren diese Werthsminderung adoptirt. Die Richtigkeit der Formel

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{2g}$$

wird aber schon durch den Umstand sehr zweifelhaft gemacht, dass

Weissbach und mit ihm die anderen Autoren für nöthig befunden haben, der Formel einen sogenannten Erfahrungs-Coëfficienten beizufügen, welcher als Multiplikator wirkt und als $\xi = 1.86$ eingeführt wird. Die Formel heisst hiernach

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{2g} \cdot 1.86.$$

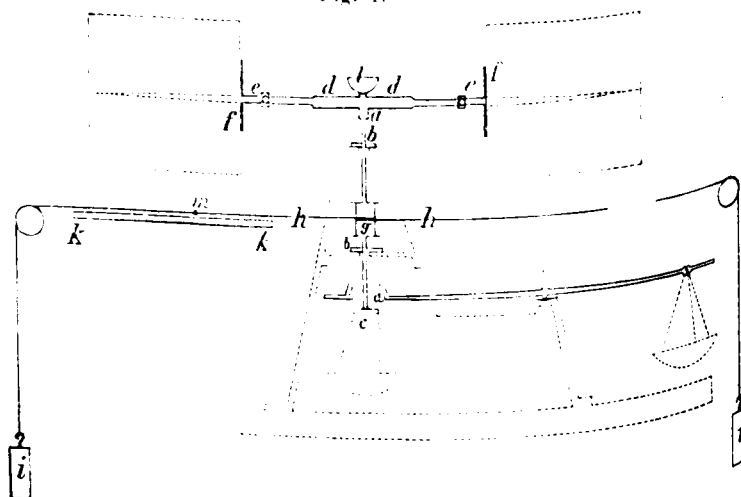
Darin offenbart sich sichtlich das Bestreben, die aufgestellte Formel sofort wieder gänzlich umzuconstruiren, in der Art, dass der besagte Divisor 2 nahezu aufgehoben und der ursprüngliche für isolirte Strahlen ermittelte Betrag der Stosswirkung fast wieder hergestellt wird.

Der Coëfficient $\xi = 1.86$ erscheint also trotz seiner eben besagten relativen Zweckmässigkeit und seiner angeblichen bis 3 und 1.25 reichenden Veränderlichkeit als ein in seiner Wesenheit unberechtigter Factor; denn, wenn es wohl schon möglich ist, dass eine durch Gewicht und Geschwindigkeit theoretisch indicirte Stosswirkung in der Wirklichkeit einen geringen Abgang zeigt, so dass dieser Abgang in einem Erfahrungs-Coëfficienten $\xi < 1$ seinen Ausdruck zu finden hat, so ist doch gar nicht einzusehen, wie eine theoretisch begründete Stossleistung in der Wirklichkeit stets nahezu verdoppelt auftreten und für diese räthselhafte Vermehrung dann eines ebenso unerklärlichen Coëfficienten $\xi > 1$ bedürfen sollte.

Nach dem Gesagten war das Bestreben des Vortragenden darauf gerichtet, durch Experimente zu erproben, in wie weit die einfache Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ mit dem thatsächlichen Widerstande der Luft gegen eine in normaler Richtung vorwärts bewegte Fläche in Uebereinstimmung stehe oder nicht.

Der für diese und die später folgenden complicirteren Experimente construirte Versuchsapparat ist in der hier beigelegten Skizze (Fig. 1) schematisch dargestellt. Derselbe wurde in drei verschiedenen Grössen ausgeführt. Jedesmal bestand er aus nachbeschriebenen Hauptbestandtheilen: Eine aufrechte Welle aa , welche in zwei Lagern bb drehbar ist, ruht mit ihrem unteren spitzen Ende auf einer Platte c und trägt am oberen Ende einen mit ihr fix verbundenen horizontalen Stab, welcher nach entgegengesetzten Richtungen die Flügelarme de bildet. Am äusseren Ende jedes Armes ist eine Klemmschraube e angebracht, mittelst welcher je eine Flügelfläche derart angeschraubt werden kann, dass die Achse des Flügels eine horizontale Fortsetzung des Flügelarmes bildet und dass die Flügel unter Beibehaltung ihrer horizontalen Längsachse in jeden beliebigen Winkel eingestellt werden können. Um diese Winkeleinstellung bequem vornehmen zu können,

Fig. 1.



sind an den Enden der Arme concentrisch mit den Klemmschrauben Gradienten ff vertical befestigt. Zwischen den Lagern trägt die Welle eine concentrische Spule g . In der Mitte dieser Spule sind zwei nach entgegengesetzten Richtungen horizontal laufende Stahldrähte hh (bei dem kleinsten Apparate Seidenfäden) eingehängt. Durch Umdrehen der Welle kann man diese Drähte auf der Spule, den einen nach oben, den andern nach unten hin, aufrollen. Dadurch werden dann die jeweiligen Treibgewichte ii , welche an den über weit entfernte

Rollen geführten Draht-Enden hängen, aufgezogen. Umgekehrt versetzen die ablaufenden Gewichte die Welle und mit ihr das Flügelwerk in eine rotirende Bewegung, wobei die Flügel in horizontalen Kreisbahnen herumgetrieben werden. Durch die nach entgegengesetzten Richtungen angeordneten Drahtzüge wird vermieden, dass die Welle in den Lagern nach einer Seite angepresst und dadurch die Reibung erhöht wird. Die Spannung der Zugdrähte auf grosse Entfernung hat den Zweck, jede im verticalen Sinne eintretende Wirkung derselben auf die Welle zu verhindern.

An einer Stelle längs des horizontal laufenden Zugdrahtes ist ein festliegender Massstab kk dicht neben dem Drahte angebracht, an welchem während des Ablaufens des Flügelwerkes mit Hilfe einer an Drahte selbst befestigten Marke m die von den Gewichten zurückgelegten Fallhöhen jederzeit genau abgelesen werden können.

Nebenbei ist eine Uhr postirt, deren Halbsecunden-Pendel die zum Abfließen erforderliche Zeitdauer präzise zu beobachten gestattet.

Noch ist zu bemerken, dass die Auflageplatte c , auf welcher die untere Spitze der Welle ruht, zugleich das eine Ende eines sehr empfindlichen Wagebalkens ist, mittelst dessen das Gewicht der beweglichen Appartheile auch während der Rotation jederzeit genau abgewogen werden kann.

Das Eigenweight der rotirenden Theile kann durch Einlegen von Gewichten in eine auf der Welle angebrachte Schale l beliebig erhöht werden*).

Die mit den eben beschriebenen Apparaten angestellten Experimente bestanden nun darin, dass man, nachdem die Treibgewichte aufgezogen worden, das Werk ablaufen liess und die zum Abfließen erforderliche Zeit und bei den später zu besprechenden Winkel-Experimenten die während der Rotation sich ergebende Gewichtsverminderung, d. h. den Auftrieb, beobachtete.

Aus diesen durch die Beobachtung festgestellten Daten in Verbindung mit den aus der Construction bekannten Grössen der Flügelflächen, der Treibgewichte, der von diesen Gewichten zurückgelegten Fallhöhe, des Eigengewichtes der rotirenden Theile, des Hebelverhältnisses der Kraftwirkung und der von den Flügeln bei einer bestimmten Fallhöhe der Treibgewichte durchlaufenen Weglänge konnten dann durch Zusammenstellung und Vergleichung ganzer Versuchsreihen Schlüsse gezogen werden auf die Gesetze des Luftwiderstandes und auf die diesen Gesetzen entsprechenden Formeln.

In Bezug auf die Ermittlung der durch die Construction gegebenen Grössen muss die Berechnung der von den Flügeln durchlaufenen Weglängen besonders erwähnt werden.

Da nämlich bei der Rotation der Flügel die äusseren Theile derselben grössere Wege zurücklegen und geschwinder laufen als die inneren, so muss für den ganzen Flügel eine mittlere, wirksame Weglänge, beziehungsweise Geschwindigkeit, eingeführt werden. Als solche kann offenbar nur die vom Druckmittelpunkte des Flügels durchlaufene Weglänge, beziehungsweise die dem Druckmittelpunkte zukommende Geschwindigkeit gelten. Mit dieser Geschwindigkeit müsste sich bei gerader Bahn der ganze Flügel fortbewegen, wenn er von der gleichen Kraft getrieben würde; und dabei müssten sich genau dieselben Grössen des Widerstandes und Auftriebes ergeben, wie bei dem rotirenden Flügel, dessen Druckmittelpunkt mit eben dieser Geschwindigkeit umläuft.

Es war demnach nöthig, für jede Flügelgrösse und für jede Armlänge, welche in den Experimenten angewendet wurde, vorerst den Druckmittelpunkt zu bestimmen. Dieser fällt nämlich keineswegs mit dem Schwerpunkte der Fläche zusammen, sondern wird durch das Verhältniss des auf den Flügel wirkenden Druckes bestimmt, welcher von innen nach aussen mit dem Quadrate des Abstandes von der Drehungsaxe (weil mit dem Quadrate der Geschwindigkeit) wächst.

Geht man hiebei von der Ansicht aus, dass das Druckmittel in demjenigen Punkte liege, wo das auf dem inneren Flügeltheile ruhende Druck-Moment im statischen Gleichgewichte mit dem auf dem äusseren Flügeltheile ruhenden Momente steht, so gelangt man für rechtwinklige Flügelflächen zunächst zu der bekannten Formel $x = \frac{3}{4} \frac{A^3 - r^3}{A^3 - r^3}$,

wobei r den Abstand des inneren Flügelrandes, von der Drehungsaxe, d. i. die Länge des Flügelarmes, A den Abstand des äusseren Flügelrandes von der Drehungsaxe und x den dazwischen liegenden Abstand des Druckmittels von der Drehungsaxe bedeutet.

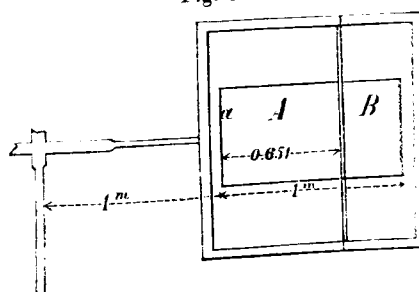
Bei der Beobachtung eines wirklichen rotirenden Flügels, welcher in dem berechneten Abstände x drehbar gemacht ist, zeigt sich indess, dass die beiden Flügeltheile sich thatsächlich in diesem Punkte nicht das Gleichgewicht halten, sondern dass der Abstand x stets zu gross berechnet ist. *)

Zahlreiche Versuche mit rotirenden und in sich selbst drehbar gemachten Flügeln weisen darauf hin, dass der Gleichgewichtspunkt

in dem Abstände $x = \sqrt{\frac{A^3 - r^3}{3(A - r)}}$ liegt. Die theoretische Entwicklung dieser modificirten Formel bleibe vorläufig dahingestellt.

Beispielsweise wurde an einem Arme des beschriebenen Versuchs-Apparates ein viereckiger Rahmen angeschraubt. Innerhalb

Fig. 2.



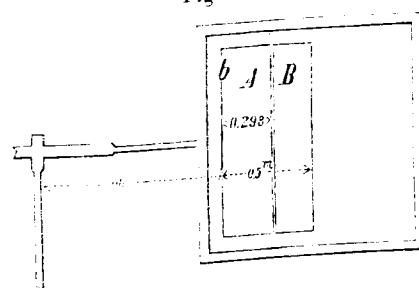
zufolge obiger Formel

$$x = \sqrt{\frac{23 - 13}{3 \times 1}} = 1.528.$$

oder von der Seite a an gerechnet $= 1.528 - 1 = 0.528$. In dieser Entfernung wurde die Fläche in zwei ungleiche Theile A und B getheilt und auf der Theilungslinie x mit einer in den Umgebungs-Rahmen eingreifenden und dort drehbaren aufrechten Welle versehen.

Sobald nun der Rahmen um die Drehungsaxe in Rotation versetzt wurde, zeigte sich,

Fig. 3.



keine Aenderung bewirkt werden.

Sodann wurde die Fläche in den Rahmen so eingesetzt (s. Fig. 3), dass sie mit ihrer längeren Seite b an die Stelle von a zu stehen kam. Hiernach berechnet sich das Druckmittel bei

$$x = \sqrt{\frac{1.5^3 - 1^3}{3 \times 0.5}} = 1.258$$

oder von der Seite b gerechnet $= 0.258$. Als in dieser Theilungslinie

*) Wenn sich durch das Experiment in der That eine derartige Nichtübereinstimmung ergab, so kann der Grund hiervon nur in den, bei einem solchen Versuche unvermeidlichen Fehlern und Störungen oder aber darin gelegen sein, dass die Annahme, der Luftwiderstand sei direct dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional, mit der Wirklichkeit vielleicht nicht vollkommen übereinstimmt. Mit Zugrundelegung dieses Gesetzes für den Luftwiderstand gibt jedoch der Ausdruck $x = \frac{3}{4} \frac{A^4 - r^4}{A^3 - r^3}$

dieses Gesetzes für den Luftwiderstand gibt jedoch der Ausdruck $x = \frac{3}{4} \frac{A^4 - r^4}{A^3 - r^3}$ die einzige, theoretisch richtig zu begründende Formel für den Druckmittelpunkt. Bei dem angestellten Versuche kam eben auch die lebendige Kraft der Flügelmasse zur Wirkung und diese musste nothwendigerweise die Lage der Gleichgewichtssache verändern. Wir können daher die Ansicht des Herrn Verfassers bezüglich der Ermittlung des Druckmittelpunktes oder der Mittelgeschwindigkeit des Flügels keineswegs theilen, bemerken jedoch, dass die verschiedenen Formeln bei den zu den Versuchen angewendeten Flügel dimensionen nur wenig von einander abweichende Werthe geben, so dass die eigentlichen Resultate der Versuche davon nicht alterirt werden.

*) Während des Vortrages wurde ein solcher Apparat mittlerer Grösse in Thätigkeit vorgeführt

wie früher eine in den Rahmen eingreifende Welle angebracht war, zeigte sich ebenfalls der zwischen den Theilflächen A und B eingetretene Gleichgewichtszustand.

Und so kann man rechtwinkelige Flächen von beliebigen Dimensionen in allen beliebigen Entfernungen von der Drehungsachse einsetzen, immer wird die letztgenannte Druckmittel-Formel durch den thatsächlich eintretenden Gleichgewichtszustand bestätigt.

Wenn man andererseits die Theilungslinie der Fläche nach der ersteren Formel oder durch ihren Schwerpunkt oder durch sonst einen anderen Punkt zieht, so gibt eine der beiden Theilflächen sofort ihr Druckübergewicht zu erkennen und beweist in der augenscheinlichsten Art die Unrichtigkeit eines solchen Verfahrens.

Ob mit dem Gleichgewichtspunkte der Momente auch die gesuchte wirksame Mittelgeschwindigkeit des Flügels zusammenfalle, ist jedoch eine andere Frage, welche durch weitere Experimente keineswegs bejaht wurde. Man wird auf experimentellem Wege vielmehr zu der Ansicht gedrängt, dass es sich bei Bestimmung der wirksamen Mittelgeschwindigkeit überhaupt nicht um das statische Gleichgewicht der Druck-Momente handle, sondern vielmehr um jenen weiter nach auswärts liegenden Punkt, welcher die auf dem Flügel ruhende Gesamtsumme des Druckes in zwei gleiche Hälften theilt und solcher Art dessen Druckmittel bezeichnet. Von dieser Ansicht ausgehend, gelangt man zu der Formel

$$x = \sqrt[3]{\frac{A^3 + r^3}{2}}, \text{ welcher die folgende Entwicklung zu Grunde liegt.}$$

Wenn von den vier Seiten eines Rechteckes (s. Fig. 4) eine Seite als Drehungsachse dient, so muss der Druckmittelpunkt in derjenigen Linie oder in derjenigen Entfernung von der Drehungsachse liegen, welche die Fläche in einen inneren und einen äusseren Theil so abschneidet, dass die Summe des Druckes auf dem einen ebenso gross ist, wie die auf dem anderen. Denken wir uns die ganze Fläche in sehr kleine, mit der Drehungsachse parallel laufende Streifen abgetheilt und setzen wir den Druck auf dem innersten Streifen = 1, so ist der Druck auf dem zweiten Streifen in der Entfernung 2, weil dieser sich zweimal so schnell bewegt und der Druck im Quadrate der Geschwindigkeit wächst, = 2^2 ; in analoger Weise der Druck auf dem dritten Streifen in der Entfernung 3, = 3^2 u. s. f., endlich auf dem n ten Streifen = n^2 .

Fig. 4.

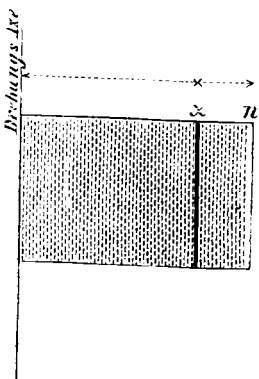
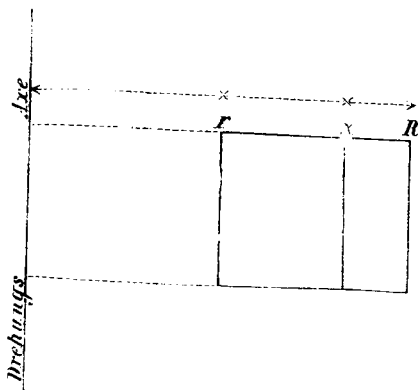


Fig. 5.



Demnach erhalten wir für das Verhältniss des Wachsens des Druckes nach aussen die geometrische Reihe:

$$1^2, 2^2, 3^2, 4^2, \dots, n^2.$$

Um den Mittelpunkt des Druckes zu finden, muss daher diese Reihe in zwei gleiche Theile getheilt werden. Da wir die Breite der Streifen unendlich klein und die Anzahl Glieder mithin unendlich gross zu denken haben, so ergibt sich als Summe der ganzen Reihe der Werth $S = \frac{n^3}{3}$.

Nennen wir die gesuchte Entfernung des Druckmittelpunktes von der Drehungsachse x , so haben wir für die Summe der Glieder bis x ebenso die Formel $s = \frac{x^3}{3}$. Diese Summe s , welche dem Drucke auf dem inneren Theile entspricht, soll nun gleich sein der Drucksumme, welche dem äusseren Flächentheile entspricht, also

oder

$$s = S - s$$

$$\frac{x^3}{3} = \frac{n^3 - x^3}{3}$$

und

$$2x^3 = n^3$$

endlich

$$x = \sqrt[3]{\frac{n^3}{2}} = \frac{n}{\sqrt[3]{2}}$$

Liegt nun aber die Flügelfläche an der Drehungsachse nicht an, (s. Fig. 5), so beginnt unsere geometrische Progression nicht bei 1, sondern erst bei einer höheren Grösse, die wir r nennen wollen. Für den Endpunkt der Reihe setzen wir k statt des früher gebrauchten n .

Die Reihe ist dann folgende:

$$(r+1)^2, (r+2)^2, \dots, (k-1)^2, k^2$$

Diese Reihe haben wir in zwei gleiche Theile zu theilen, also:

$$(r+1)^2 + (r+2)^2 + (r+3)^2 + \dots + k^2 =$$

$$= (x+1)^2 + (x+2)^2 + (x+3)^2 + \dots + k^2$$

oder, weil diese Reihen wieder gemäss der obigen Annahme eine unendlich grosse Zahl von Gliedern haben:

daher

$$x^3 - r^3 = k^3 - r^3$$

und

$$2x^3 = k^3 + r^3$$

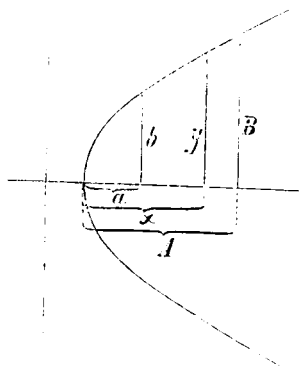
endlich

$$x = \sqrt[3]{\frac{k^3 + r^3}{2}}$$

Dies ist die zuletzt angeführte allgemeine Formel für den Druckmittelpunkt einer um eine Achse rotirenden rechtwinkeligen Fläche.*)

Ein anderer Weg als der vorstehend eingeschlagene, um zu der

Fig. 6.



Formel des Druckmittelpunktes zu gelangen, besteht darin, dass die geometrische Reihe mit Hilfe der Parabel-Quadratur getheilt wird. Auch bei der Parabel findet sich nämlich im Wachsen der Ordinaten eine geometrische Progression und durch Theilung der Parabel-Quadratur kann die der Theilungsstelle entsprechende Ordinate gefunden werden (s. Fig. 6).

Wenn x die Abscisse einer Parabel vom Scheitel aus und y die dazu gehörige Ordinate bedeutet, so ist bekanntlich die hiedurch abgegrenzte Parabelfläche

$$F = \frac{2}{3} xy.$$

Um nun eine zwischen den Ordinaten b und B liegende Parabelfläche zu halbiren, haben wir:

$$\frac{2}{3} AB - \frac{2}{3} xy = \frac{2}{3} xy - \frac{2}{3} ab$$

also auch

$$AB + ab = 2xy \dots \dots \dots (I)$$

Die Parabel-Gleichungen sind für die Ordinaten b, y und B

$$y^2 = 2px$$

$$b^2 = 2pa$$

$$B^2 = 2pA,$$

daraus die Werthe

$$x = \frac{y^2}{2p}$$

$$a = \frac{b^2}{2p}$$

$$A = \frac{B^2}{2p}$$

Diese Werthe in Gleichung I eingesetzt gibt:

$$\frac{B^3}{2p} - \frac{b^3}{2p} = 2 \frac{y^3}{2p}$$

und daraus

$$y = \sqrt[3]{\frac{B^3 + b^3}{2}}$$

*) Ueber Wunsch des Herrn Verfassers wurde die vorstehende elementare Ableitung ungekürzt wiedergegeben, obwohl nach obiger Definition die einfache Bestimmungsgleichung für x lautet $\int_r^x x^2 dx = \int_x^R x^2 dx$.

welche Formel mit der auf dem vorigen Wege gefundenen $x = \sqrt{\frac{R^3 + r^3}{2}}$ identisch ist und mit allen in der Wirklichkeit beobachteten Erscheinungen im Einklange steht.

Der grösseren Vollständigkeit halber ist noch einiger Formeln zu gedenken, welche für einen rotirenden rechteckigen Flügel die von ihm geleistete oder auf ihn übertragene Arbeit in Betracht ziehen.

Interessant ist zunächst die Bestimmung jenes Geschwindigkeitspunktes, aus welchem bei verschiedenen Einstellungen des Flügels die gleiche Arbeitsleistung resultirt, so dass letztere also auch der geradlinigen Flügelgeschwindigkeit entsprechen muss. Die hierfür abgeleitete

Formel, welche der vorigen sehr nahe steht, lautet $x = \sqrt{\frac{R^4 - r^4}{4(R - r)}}$.

Um sie experimentell zu erproben, wurde abermals eine mittelst Cartons hergestellte ebene Fläche in Form eines rechtwinkelig begrenzten Streifens derart eingespannt, dass die kürzeren Seiten des Rechtecks parallel zur Drehungsachse liefen (s. Fig. 7). Während man das Werk ablaufen liess, beobachtete man diesesmal die zum Ablauf (bei 1^m Fallhöhe der Treibgewichte) erforderliche Zeit. Hierauf wurde der Druckmittelpunkt für den innerhalb des Rahmens gespannten Streifen nach der soeben bezeichneten Formel berechnet und die betreffende durch den so erhaltenen Druckmittelpunkt gehende Vertical-Linie am Rahmen bei m markirt. Darauf wurde der Streifen abgenommen und abermals in den Rahmen eingesetzt; diesmal aber (s. Fig. 8) diesmal aber (s. Fig. 8) aufrechtstehend, also mit der längeren Seite parallel

Fig. 7.

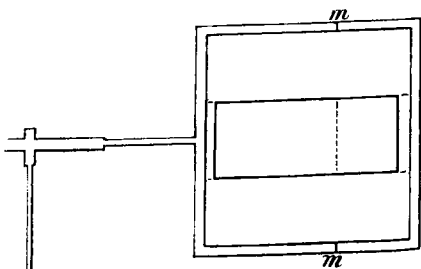
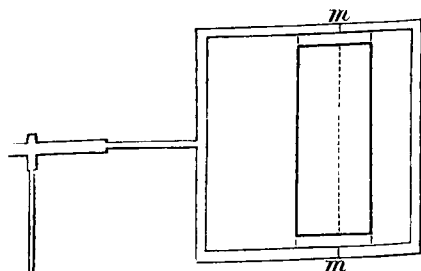


Fig. 8.



zur Drehungsachse und zwar so, dass der Druckmittelpunkt des Streifens für diesen Fall wieder genau an dieselbe, durch die Marken am Rahmen bezeichnete Stelle zu liegen kam, wo der Druckmittelpunkt des Streifens in der ersten Lage gelegen war. Liess man das Werk nun wieder ablaufen, so zeigte sich bei Beobachtung der Zeitdauer eine vollständige Uebereinstimmung derselben mit der im ersten Falle beobachteten; rückte man aber den Streifen nur um wenige Millimeter aus der gerechneten und markirten Druckmittellinie, so ergab sich in den Ablaufzeiten alsbald eine merkliche Differenz. Da der Rahmen in jedem Falle unverändert derselbe war und den gleichen Widerstand erlitt, so ergibt sich aus der Gleichheit der Zeitdauer im ersten und zweiten Falle, dass der Streifen auch, obwohl er seine Lage wesentlich gewechselt hatte, jedesmal genau dieselbe Arbeitsleistung verrichtete, resp. empfing.

Ferner kann, wie dies bereits bezüglich des Druckes geschehen ist, auch die dem Flügel zukommende Summe der Arbeitsleistung in zwei Hälften getheilt und der Theilungspunkt bestimmt werden. Hiefür wurde in ähnlicher Weise wie bei der Drucktheilung die nachstehende

Formel entwickelt: $x = \sqrt{\frac{R^4 + r^4}{2}}$, wobei der Werth von x nicht sehr weit von dem früheren differirt.

Endlich lassen sich auch die auf beiden Theilen des Flügels thätigen Arbeits-Momente in Betracht ziehen, und der zwischen denselben liegende Gleichgewichtspunkt berechnen. Für Letzteren wurde folgende Gleichung gefunden: $x = \frac{4}{5} \times \frac{R^5 - r^5}{R^4 - r^4}$. Bei dieser Formel

ist es bemerkenswerth, dass sie bis auf eine höchst geringe Differenz

die nämlichen Werthe von x gibt, wie die nur etwas einfachere Druck-

halbirungs-Gleichung $x = \sqrt{\frac{R^3 + r^3}{2}}$, also auch, wenn man für die wirksame Mittelgeschwindigkeit die Momente der Arbeit als maassgebend betrachten würde, unmittelbar an ihre Stelle treten kann.

Es ist schliesslich überhaupt zu bemerken, dass alle sechs bis jetzt erwähnten Formeln nur wenig von einander abweichende Werthe von x liefern, und dass insbesondere bei der Constructions-Anordnung, mittelst welcher die später anzuführenden Experimente vorgenommen wurden, die Wahl einer anderen Formel für die Geschwindigkeits-Berechnung nur Differenzen bis höchstens 6 Percent hervorbringen kann.

Indem man aber für die gesuchte wirksame Mittelgeschwindigkeit die mehrbesagte Druckmittelpunkts-, resp. Druckhalbirungs-Formel

$x = \sqrt{\frac{R^3 + r^3}{2}}$ acceptirte, haben sich alle dadurch bedingten experimentellen Erscheinungen als sehr einfach zutreffend gestaltet.

Als man später aus vielen ganz extremen Experimenten auch eine empirische Formel zu construiren versuchte, zeigte sich, dass der Aus-

druck $x = \sqrt{\frac{R^4 - r^4}{3(R - r)}}$ noch schärfer der thatsächlichen wirksamen Mittelgeschwindigkeit sich anpassen würde; da sich aber eine theoretische Ableitung hiefür nicht finden liess, musste es bei der

Formel $x = \sqrt{\frac{R^3 + r^3}{2}}$ sein Verbleiben haben.

Mit Hilfe dieser Formel lässt sich also der Radius der vom Druckmittelpunkt eines Flügels beschriebenen Kreisbahn, somit die Länge dieser Kreisbahn und endlich die gesammte von einer rotirenden Flügelfläche in einer gewissen Anzahl Rotationen zurückgelegte wirksame Weglänge berechnen.

Vielleicht liegt die Ursache jener bedeutenden Verschiedenheiten, welche die früheren Untersuchungen des Luftwiderstandes mittelst im Kreise umlaufender Flächen ergaben, zum Theile auch in einer minder genauen Ermittlung der Druckmittel und der dadurch bedingten wirksamen Rotationskreise sowie Geschwindigkeiten. Man pflegt ja auch bei der Berechnung von Schaufelrädern die wahren Druckmittel nicht aufzusuchen und genau zu bestimmen. —

Dieses Alles musste vorausgeschickt werden, um die Hilfsmittel und Grundlagen, auf welche sich die experimentelle Erprobung der Eingangs erwähnten Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ stützt, genügend zu erläutern.

Um nun die elementare Stosswirkung der Luft oder deren Widerstand zu allererst gegen eine normal gestellte ebene Fläche thatsächlich ersichtlich zu machen, wurde das folgende Verfahren eingeschlagen:

An jedem 1^m langen Arme des grossen Versuchsapparates wurde ein Flügel von 1^m Länge und 1^m Höhe also von 1^m Oberfläche angeschraubt. Jeder Flügel bestand aus einem Gerippe von weichem Holze, dessen Randleisten nach aussen schneidig zugeschräfft waren und das auf der einen Seite mit starkem Papier überspannt war. Die Flügel waren gänzlich mit Schellacklösung bestrichen, so dass die gegen den Luftdruck gekehrten Seiten vollkommen glatte luftdichte und ebene Flächen darboten. Der Druckmittelpunkt jedes Flügels lag in einer Entfernung

$$x = \sqrt{\frac{2^3 + 1^3}{2}} = 1.651 \text{ m}$$

von der Drehungsachse. Die Länge des wirksamen Rotationskreises betrug $2 \times 1.651 \pi = 10.374 \text{ m}$.

Die Spule der Welle hatte inclusive der einmaligen Drahtdicke einen Durchmesser = 0.0355^m, sohin einen Umfang = $0.0355 \pi = 0.11153 \text{ m}$. Die Spule bedurfte also, um eine Drahtlänge von 1^m auf- oder abzuwickeln, d. h. um die Treibgewichte 1^m hoch zu heben oder ablaufen zu lassen, einer Umdrehungszahl = 8.966, was auch durch directe Zählung constatirt wurde. Da die Flügel die gleiche Anzahl von Umdrehungen zu durchlaufen hatten, so ergibt sich die Länge der ganzen horizontalen Flugbahn der Flügel, welche dieselben zurück-

legen, während die Gewichte 1m sinken, mit $8.966 \times 10.374 = 93.014^m$.

Das Hebelverhältniss, in welchem die Treibgewichte auf den Flügel wirken, d. h. das Verhältniss zwischen dem Spulenradius und dem Radius des wirksamen Rotationskreises betrug nach dem Gesagten

$$\frac{0.0355}{2 \times 1.651} = \frac{1}{93.014}$$

Das Hebelverhältniss ist von besonderer Wichtigkeit; denn dasselbe sagt uns, mit welcher Kraft der Flügel fortgetrieben wird, also auch mit welchem Druck der Flügel sich gegen die Luft fortwährend anlehnt. Da dieser Druck, wenn der Flügel einmal nach Ueberwindung der Trägheitsmomente seine constant bleibende Umlaufgeschwindigkeit erreicht hat, dem entgegenwirkenden Luftwiderstande gleich sein muss, da sich ja alsbald nach Ueberwindung der Trägheitsmomente ein Gleichgewichtszustand zwischen Antrieb und Widerstand einstellen muss, so gibt uns die eben nach dem Hebelverhältnisse ermittelte Druckziffer das Mittel in die Hand, die Richtigkeit der Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ zu prüfen. Richtig ist diese Formel nämlich dann, wenn

die nach derselben berechnete Druckgrösse übereinstimmt mit derjenigen, mit welcher gemäss dem Hebelverhältnisse die Treibgewichte auf den Flügel, d. h. in dessen Druckmittelpunkte wirken.

Nachdem der Apparat in der Mitte eines 13m langen, 8m breiten und 7m hohen windstillen Saales 3m hoch über dem Fussboden aufgestellt und die Flügel in entgegengesetzten Richtungen genau vertical eingestellt waren, wurden zum Versuche Nr. 380 an die beiden Enden der Zugdrähte Gewichte von je 5000 Gramm, zusammen also 10000 Gramm angehängt und mittelst der Antriebspule circa 2m hoch emporgezogen. Zunächst wurde untersucht, welcher Antheil des Treibgewichtes durch die im Apparate auftretenden Widerstände der Zapfenreibungen und Drahtbiegungen absorbiert werden. Mittels wechselweiser Zulage kleiner Uebergewichte bei je einem der Treibgewichte wurde ermittelt, dass dieser Kraftverlust während der Rotation 4.50/0 oder 450 Gramm betrug, daher das effective Betriebsgewicht nur mit $10000 - 450 = 9550$ Gramm in Rechnung zu nehmen war. Die auf die beiden Flügel nach dem Hebelverhältnisse 1:93.014 übertragene Gewichtswirkung betrug $\frac{9550}{93.014} = 102.7$ Gramm. Von diesem Drucke entfällt jedoch ein kleiner Theil auf die beiden Flügelarme. Die gegen den Luftdruck gerichtete Fläche derselben betrug $2 \times 0.04 = 0.08^m$, also $\frac{1}{25}$ der beiden Flügelflächen, welche zusammen 2^m hielten. Das darauf treffende Druckverhältniss bestimmt sich aus dem Quadrate ihrer Rotationsgeschwindigkeit zu jenem der Flügelgeschwindigkeit.

Der wirksame Rotationsradius der 1m langen Arme ist $\sqrt{\frac{13^2}{2}} = 0.794^m$, jener des Flügels nach der früheren Berechnung $= 1.651^m$.

Hieraus resultirt das Verhältniss des Einheitsdruckes $= \frac{0.794^2}{1.651^2} = \frac{1}{4.32}$; und dieses zusammen genommen mit dem Flächenverhältniss $\frac{1}{25}$ gibt den ganzen auf die beiden Arme entfallenden Druckantheil mit $\frac{1}{25} \times \frac{1}{4.32} = \frac{1}{108}$. Somit endlich beträgt der auf die Flügel allein wirkende Gewichtsdruck $102.7 - \frac{102.7}{108} = 101.7$ Gramm $= 0.1017^kg$ oder per Quadratmeter $\frac{0.1017}{2} = 0.05085^kg$.

Als man das Abflauen der aufgezogenen Gewichte beginnen liess, erfolgte die Rotation der Flügel Anfangs, bevor die im Apparate vorhandenen Trägheitsmomente überwunden waren, in allmählig zunehmender, nach 2—3 Umdrehungen aber in vollkommen constant bleibender Geschwindigkeit. Erst nachdem diese letztere eingetreten war, wurde an dem schon erwähnten Maassstabe der Fall der Gewichte zurückgelegte Höhe eines Meters beobachtet und dazu die Zeitdauer an dem Halbsecundenpendel abgezählt. Es ergab sich, dass der Fall der Treibgewichte auf die Höhe eines Meters bei oftmaliger Wiederholung des Experimentes innerhalb eines Zeitraumes von 140.0 bis

138.8 Sekunden vor sich ging, woraus das Mittel mit 139.4 Sekunden resultirte. Hiernach war die Rotationsgeschwindigkeit der Flügel $v = \frac{93.014}{139.4} = 0.667^m$ per Secunde. Der dabei der Fläche von 1^m

entgegenstehende Widerstand war nach den obigen Ausführungen 0.05085^kg , nämlich gleich dem aus der Treibgewichtsgrösse und dem Hebelverhältnisse sich ergebenden Drucke. Der Versuch fand während eines Barometerstandes von 705mm und bei einer Temperatur von 17.80 C. statt. Daher war das Einheitsgewicht der Luft

$$\gamma = \frac{1.2932}{1.0778} - \frac{1.2932}{1.0778} (17.8 \times 0.00367) = 1.1215^kg \text{ und}$$

$$\frac{\gamma}{g} = \frac{1.1215}{9.81} = \frac{1}{8.747}$$

Die fragliche Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ würde hienach mit Substituierung

der vorstehenden Werthe von v und $\frac{\gamma}{g}$, dann $F = 1$ für den Luftwiderstand ergeben:

$$P = \frac{0.667^2}{8.747} = 0.05085^kg,$$

also mit vollkommener Genauigkeit ebensoviel, als der durch die Gewichte und das Hebelverhältniss indicirte thatsächliche Druck betrug.

Ein anderes Experiment, nämlich Versuch Nr. 379, verlief wie folgt:

Unter Einhaltung der vorigen Anordnung wurden Treibgewichte von je 10000 Gramm, zusammen 20000 Gramm an die Zugdrähte gehängt. Mit Rücksicht auf die Reibungs- und Biegungs-Widerstände im Apparate ergab sich das effective Gesamtgewicht auf 20000—900 = 19100 Gramm.

Der auf die Flügel übertragene wirksame Gewichtsdruck war $\frac{19100}{93.014} = 205.3$ Gramm und nach Abzug von $\frac{205.3}{108}$ für die zwei Flügelarme betrug der Druck auf den Flügeln $205.3 - 1.9 = 203.4$ Gramm $= 0.2034^kg$ oder per Quadratmeter $\frac{0.2034}{2} = 0.1017^kg$, was zugleich für den thatsächlichen Luftwiderstand gilt. Die in vielen Wiederholungen beobachtete Ablaufszeit für 1m Gewichtsfall war zwischen 99.5 und 97.5 Sekunden und durchschnittlich 98.5 Sekunden, somit die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{93.014}{98.5} = 0.944^m$ pro Secunde. Wenn dieser Werth für v in die fragliche Formel eingesetzt wird, ergibt dieselbe unter Beibehaltung von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.747}$ den Luftwiderstand

$$P = \frac{0.944^2}{8.747} = 0.1019^kg,$$

also wiederum im Vergleich mit dem thatsächlich wirksamen Gewichtsdrucke von 0.1017^kg fast vollständig zutreffend.

Dasselbe Experiment, nämlich Versuch Nr. 381, wurde mit dem Treibgewichte $2 \times 15000 = 30000$ Gramm vorgenommen, welches nach Abzug für Reibungs- und Biegungs-Widerstände effektiv 28650 Gramm betrug. Der auf die Flügel übertragene wirksame Druck war $\frac{28650}{93.014} = 308.0$ Gramm und mit Rücksicht auf die Flügelarme nur $308.0 - \frac{308.0}{108} = 305.2$ Gramm $= 0.3052^kg$, oder per Quadratmeter $\frac{0.3052}{2} = 0.1526^kg$, was zugleich für den Luftwiderstand gilt. Die für 1m Gewichtsfall beobachtete Ablaufszeit war 80.8 bis 80.0 Sekunden und durchschnittlich 80.4 Sekunden; daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{93.014}{80.4} = 1.157^m$ pro Secunde. Dieser Werth für v in fragliche

Formel eingesetzt, ergibt unter Beibehaltung von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.747}$ den Widerstand $P = 0.1530^kg$. Auch dieses Resultat ist in nahezu völliger Uebereinstimmung mit dem thatsächlichen Widerstande.

Bei dem Experimente Nr. 354 betrug das Treibgewicht $2 \times 2000 - 180 = 3820$ Gramm. Der auf die beiden Flügel übertragene Druck oder der Luftwiderstand war $\frac{3820}{93.014} - \frac{3820}{93.014 \times 108} = 40.7$ Gramm $= 0.0407^kg$ oder per Quadratmeter 0.02035^kg .

Die für 1^m Gewichtsfall beobachtete Ablaufszeit war durchschnittlich 230^o Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{93.014}{230.0} = 0.404^m$ pro Secunde. Der Barometerstand war während des Versuches 752mm und die Temperatur 15^o C., daher das Einheitsgewicht der Luft $\gamma = \frac{1.2932}{1.0106} - \frac{1.2932}{1.0106} (15 \times 0.00367) = 1.2092^k$ und $\frac{\gamma}{g} = \frac{1.2092}{9.81} = \frac{1}{8.113}$. Mit Einsetzung dieser Werthe für r und $\frac{\gamma}{g}$ ergibt die fragliche Formel den Widerstand $P = 0.02016$, welches Resultat um circa $\frac{2}{10}$ Gramm kleiner ist, als der ermittelte thatsächliche Widerstand.

Bei dem Experimente Nr. 355 betrug das Treibgewicht $2 \times 5000 - 450 = 9550$ Gramm. Der auf die beiden Flügel übertragene Druck oder der Luftwiderstand war $\frac{9550}{93.014} - \frac{9550}{93.014 \times 108} = 101.7$ Gramm $= 0.1017^k$ oder per Quadratmeter 0.05085^k . Die für 1^m Gewichtsfall beobachtete Ablaufszeit war durchschnittlich 143^o Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{93.014}{143.0} = 0.650^m$ pro Secunde. Diesen Werth und den vorigen Werth von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.113}$ in die fragliche Formel eingesetzt, ergibt sich der Widerstand $P = 0.0521$, also um circa 1 Gramm höher als der ermittelte thatsächliche Widerstand.

Endlich betrug bei dem Experimente 356 das Treibgewicht $2 \times 10000 - 1400 = 18600$ Gramm. Da diesmal die Zahl der Flügelrotationen für 1^m Gewichtshöhe 8.452 betrug, so ergab sich das Hebelverhältniss der Gewichtswirkung mit $\frac{1}{8.7680}$, und sonach der auf die beiden Flügelarme übertragene Druck oder der Luftwiderstand $\frac{18600}{8.7680} - \frac{18600}{8.7680 \times 108} = 210.2$ Gramm $= 0.2102^k$, d. i. per Quadratmeter 0.1051^k . Die für 1^m Gewichtsablauf beobachtete Zeitdauer betrug durchschnittlich 95^o Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{87.680}{95.0} = 0.923^m$ pro Secunde. Diesen Werth und den unverändert gebliebenen Werth $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.113}$ in die Formel eingesetzt, ergibt $P = 0.1050$, was mit dem ermittelten thatsächlichen Widerstand sehr genau übereinstimmt.

Alle 6 bis jetzt aufgeführten Versuche zeigen eine überraschend präcise Bestätigung der Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$. In den drei ersteren Versuchen im Vergleiche mit den drei letzteren zeigt der Werth $\frac{\gamma}{g}$ eine bedeutende Abweichung. Diese rührt von der Verschiedenheit der Barometerstände her, welche bei den beiden Versuchsgruppen herrschten, und erklärt sich aus dem Umstande, dass die Versuche Nr. 380, 379 und 381 an einem circa 500^m höher gelegenen Orte angestellt wurden, als die Versuche Nr. 354, 355 und 356.

Der Effect dieser durch die Verschiedenheit des Luftgewichtes verursachten Verschiedenheit von $\frac{\gamma}{g}$ ist besonders deutlich ersichtlich aus der Vergleichung der beiden Versuche Nr. 380 und 355, welche eben bei verschiedenen Barometerständen und Temperaturen, sonst aber unter ganz denselben Verhältnissen in Bezug auf Treibgewichte, Flügelgrössen u. s. w. angestellt wurden. Jedesmal war effectives Treibgewicht 9550 Gramm und jedesmal der wirksame Gewichtsdruck auf den beiden Flügeln 0.05085^k pro Quadratmeter. Wie schon oben erwähnt, muss dieser Gewichtsdruck im Gleichgewicht stehen mit dem entgegenwirkenden Widerstand, d. h. die Anfangsgeschwindigkeit der Flügel steigert sich so lange, bis der Luftwiderstand jener Gewichtswirkung gleich ist; dann bleibt die Geschwindigkeit constant.

Da nun bei niedererem Barometerstand, sowie bei höherer Temperatur die Luft dünner und leichter ist, so wird in dieser dünneren Luft der Flügel schneller umlaufen müssen, damit sich jener Gleichgewichtszustand herstelle, als wie in dichter Luft; und so sehen wir in der That, dass bei Versuch 380, der bei einem Barometerstande von 705^{mm} stattfand, die Flügel durchschnittlich nur 139.4 Sekunden

zum Abfliegen bedurften, während sie bei Versuch 355, der unter einem Barometerstand von 752^{mm} und bei einer um 3 Grad niedrigeren Temperatur stattfand, durchschnittlich 143^o Sekunden lang liefen.

Werden die daraus sich ergebenden Grössen für v und $\frac{\gamma}{g}$ in unsere Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ eingesetzt, so liefern beide Versuche fast genau die gleichen Resultate; denn die Widerstände sind ja in der That in beiden Fällen völlig gleich, wenn auch die Zeitdauer derselben jedesmal eine andere ist.

Wir verlassen jetzt die Experimente mit den Flügelpaaren von 2^{cm} Inhalt und gehen auf einige Beispiele aus den Versuchen mit einem kleineren Flügelpaare über.

An dem mittelgrossen Apparate wurden zwei Flügelflächen mit je 25^{cm} Länge und 20^{cm} Höhe, also zusammen mit $1000 \square \text{cm} = \frac{1}{10} \square \text{m}$

Inhalt in verticaler Stellung angeschraubt. Jeder Flügel bestand aus einem Rahmen von Holz, später aus dünnen Formblechen, an den Rändern schneidig zugearbeitet und mit Papier luftdicht überspannt. Die jederseitige Armlänge betrug 15^{cm}, die Entfernung des Druck-

mittelpunktes von der Drehungsachse $\sqrt[3]{\frac{40^3 + 15^3}{2}} = 32.297^m$; die wirksame Kreislänge $= 32.297 \times 2\pi = 202.93^m$ und die ganze Bahnlänge für 1^m Gewichtsfall oder 30 Rotationen war 60.879^m, somit das Hebelverhältniss der Gewichtswirkung $= \frac{1}{60.879}$. Der Barometerstand

zur Zeit der Versuche war 746^{mm}, die Temperatur 18^o C., daher der Werth von $\gamma = \frac{1.2932}{1.0187} (1 - 18 \times 0.00367) = 1.1856^k$ und $\frac{\gamma}{g} = \frac{1.1856}{9.81} = \frac{1}{8.274}$

Die nachstehenden Versuche unterscheiden sich nur durch die in Anwendung gebrachten Treibgewichte. Dieselben betrugen

bei Versuch	Nr. 269	$2 \times 200 - 32 = 368$	Gramm
"	Nr. 270	$2 \times 300 - 48 = 552$	"
"	Nr. 271	$2 \times 450 - 80 = 820$	"
"	Nr. 272	$2 \times 600 - 96 = 1104$	"
"	Nr. 273	$2 \times 750 - 120 = 1480$	"
"	Nr. 274	$2 \times 1000 - 160 = 1840$	"
"	Nr. 275	$2 \times 1250 - 200 = 2300$	"

Darnach war der auf die Flügel übertragene Gewichtsdruck oder der mit diesem im Gleichgewicht befindliche und daher diesem gleiche auf den Flügeln ruhende Luftwiderstand

bei Versuch Nr. 269,	$\frac{368}{60.879} = 6.04^g = 0.00604^k$	oder für $1 \square \text{m} = 0.0604^k$
" " Nr. 270,	$\frac{552}{60.879} = 9.07^g = 0.00907^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.0907^k$
" " Nr. 271,	$\frac{820}{60.879} = 13.60^g = 0.01360^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.1360^k$
" " Nr. 272,	$\frac{1104}{60.879} = 18.13^g = 0.01813^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.1813^k$
" " Nr. 273,	$\frac{1480}{60.879} = 22.67^g = 0.02267^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.2267^k$
" " Nr. 274,	$\frac{1840}{60.879} = 30.22^g = 0.03022^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.3022^k$
" " Nr. 275,	$\frac{2300}{60.879} = 37.78^g = 0.03778^k$	" " $1 \square \text{m} = 0.3778^k$

wobei der auf die 4^{mm} dicken Flügelarme entfallende Antheil als zu unbedeutend vernachlässigt wurde.

Die aus vielen Beobachtungen entnommene durchschnittliche Zeitdauer für 1^m Gewichtsfall betrug:

bei Versuch Nr. 269	85.3 Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{60.879}{85.3} = 0.714^m$ pro Secunde,
bei Versuch Nr. 270	70.3 Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{60.879}{70.3} = 0.866^m$ pro Secunde,
bei Versuch Nr. 271	57.5 Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{60.879}{57.5} = 1.059^m$ pro Secunde,

bei Versuch Nr. 272 49.7 Secunden, daher die Flügelgeschwindigkeit

$$v = \frac{60.879}{49.7} = 1.225^m \text{ pro Secunde,}$$

bei Versuch Nr. 273 44.6 Secunden, daher die Flügelgeschwindigkeit

$$v = \frac{60.879}{44.6} = 1.365^m \text{ pro Secunde,}$$

bei Versuch Nr. 274 38.2 Secunden, daher die Flügelgeschwindigkeit

$$v = \frac{60.879}{38.2} = 1.594^m \text{ pro Secunde,}$$

bei Versuch Nr. 275 34.8 Secunden, daher die Flügelgeschwindigkeit

$$v = \frac{60.879}{34.8} = 1.750^m \text{ pro Secunde.}$$

Hieraus resultirt der Luftwiderstand nach der Formel

$$P = \frac{v^2 F \gamma}{g} = \frac{v^2}{8.274}$$

$$\text{bei Versuch Nr. 269 } P = \frac{0.714^2}{8.274} = 0.0616^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 270 } P = \frac{0.866^2}{8.274} = 0.0906^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 271 } P = \frac{1.059^2}{8.274} = 0.1355^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 272 } P = \frac{1.225^2}{8.274} = 0.1813^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 273 } P = \frac{1.365^2}{8.274} = 0.2252^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 274 } P = \frac{1.594^2}{8.274} = 0.3007^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 275 } P = \frac{1.750^2}{8.274} = 0.3701^{\text{kg}}$$

Diese aus unserer Formel gefundenen Werthe befinden sich mit den nach der Gewichtswirkung als thatsächlich indicirten in nahezu vollständiger Uebereinstimmung.

Mit den nämlichen Flügelflächen wurden zwei weitere Versuche gemacht, wobei die Armlänge statt wie vorher 15cm nur 5cm betrug

Darnach war der Druckmittelpunkt $\sqrt[3]{\frac{30^3 + 5^3}{2}} = 28.848^{\text{cm}}$ von der Drehungsachse entfernt; daher war der Umfang des Flugkreises 1.4985m und die Länge der Flugbahn für die beobachteten 30.5 Rotationen 45.704m.

Das Hebelverhältniss für die Gewichtswirkung war $\frac{1}{45.704}$.

Barometerstand und Temperatur waren dieselben, weshalb auch unverändert $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.274}$ blieb.

Die Treibgewichte waren

$$\text{bei Versuch Nr. 340 } 2 \times 100 - 20 = 180^{\text{g}}$$

$$\text{Nr. 341 } 2 \times 1000 - 200 = 1800^{\text{g}}$$

Folglich war der auf die beiden Flügel übertragene Druck (ohne Rücksicht auf die Flügelarme) und ebenso der die Flügelbewegung hemmende Luftwiderstand

$$\text{bei Versuch Nr. 340 } \frac{180}{45.704} = 3.94^{\text{g}} = 0.00394^{\text{kg}} \text{ und für } 1^{\text{cm}} = 0.0394^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 341 } \frac{1800}{45.704} = 39.36^{\text{g}} = 0.03936^{\text{kg}} \text{ „ „ } 1^{\text{cm}} = 0.3936^{\text{kg}}$$

Die beobachtete Durchschnittsdauer für 1m Gewichtsfall betrug

$$\text{bei Versuch Nr. 340 } 79.4 \text{ Sec., daher } v = \frac{45.704}{79.4} = 0.577^m \text{ pro Sec.}$$

$$\text{Nr. 341 } 25.3 \text{ „ „ „ } v = \frac{45.704}{25.3} = 1.806^m \text{ „ „}$$

Hieraus resultirt nach der Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g} = \frac{v^2}{8.274}$ der Luftwiderstand

$$\text{bei Versuch Nr. 340 } P = \frac{0.577^2}{8.274} = 0.0400^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 341 } P = \frac{1.806^2}{8.274} = 0.3942^{\text{kg}}$$

also wiederum fast vollkommen gleichlautend mit den nach der Gewichtswirkung ermittelten Werthen.

Schliesslich sind noch 2 mit den nämlichen Flächengrössen vorgenommene Versuche zu erwähnen.

Der Versuch Nr. 344, bei welchem die Flugbahn für 1m Gewichthöhe $30.5 \times 2.0293 = 61.894^m$ lang war, ergab bei unverändertem Werthe $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.274}$ folgende Daten. Das Treibgewicht war $2 \times 100 - 20 = 180^{\text{g}}$; der auf die beiden Flügel übertragene Gewichtsdruck respective der thatsächliche Luftwiderstand war $\frac{180}{61.894} = 2.91^{\text{g}} = 0.00291^{\text{kg}}$ und für $1^{\text{cm}} = 0.0291^{\text{kg}}$. Die beobachtete Ablaufszeit war durchschnittlich 128.0 Secunden, daher die Geschwindigkeit $v = \frac{61.894}{128.0} = 0.484^m \text{ pro Secunde.}$

Hieraus ergibt sich $P = \frac{0.484^2}{8.274} = 0.0283^{\text{kg}}$ wobei sich eine Differenz von circa 1g zeigt.

Bei dem Versuche Nr. 345 betrug die Flugbahnlänge 62.502m und das Treibgewicht $2 \times 1000 - 200 = 1800^{\text{g}}$, somit der auf die Flügel übertragene Gewichtsdruck oder der Luftwiderstand $\frac{1800}{62.502} = 28.80^{\text{g}} = 0.02880^{\text{kg}}$ oder per Quadratmeter 0.2880kg. Die beobachtete Ablaufszeit war durchschnittlich 40.6 Secunden, daher die Geschwindigkeit $v = \frac{62.502}{40.6} = 1.539^m \text{ pro Secunde.}$ Hieraus resultirt bei Gleichbleiben des früheren $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.274}$ der Werth $P = \frac{1.539^2}{8.274} = 0.2863^{\text{kg}}$, wobei die Differenz bei 2g beträgt.

Nachdem durch die vorstehende Versuchsreihe ebenfalls die Richtigkeit der Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ mit geradezu überraschender Präcision bestätigt wurde, gehen wir zu einer dritten Reihe von Versuchen über, welche mittelst des kleinsten Apparates und mit zwei Flügeln von je 20cm Länge und 10cm Breite, somit einer Gesamtflügelfläche von 400^{cm^2} oder $\frac{1}{25}$ Quadratmeter, ausgeführt wurde.

Die Länge eines jeden Flügelarmes war 6.7cm, deshalb die Entfernung des Druckmittels von der Drehungsachse $\sqrt[3]{\frac{26.7^3 + 6.7^3}{2}} = 21.303^{\text{cm}}$,

die Länge des wirksamen Rotations-Radius $= 2\pi \times 0.21303 = 1.3385^m$ und bei 30.0 Rotationen, welche für den Gewichtsfall von 1m erforderlich waren, die ganze Flugbahnlänge $= 30 \times 1.3385 = 40.155^m$.

Während der Versuche herrschte ein Barometerstand von 752mm und eine Lufttemperatur von 22° C. Der Werth von γ war daher $= \frac{1.2932}{1.0106} - \frac{1.2932}{1.0106} (22 \times 0.00367) = 1.1763^{\text{g}}$ und $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.340}$.

Die nachfolgenden Versuche unterscheiden sich nur durch die dabei in Anwendung gebrachten Treibgewichte. Diese betragen:

$$\text{bei Versuch Nr. 31 } 2 \times 25 - 4.5 = 45.5 \text{ Gramm}$$

$$\text{Nr. 32 } 2 \times 50 - 9 = 91 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 33 } 2 \times 100 - 18 = 182 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 34 } 2 \times 150 - 27 = 273 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 35 } 2 \times 200 - 36 = 364 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 36 } 2 \times 250 - 45 = 455 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 37 } 2 \times 300 - 54 = 546 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 38 } 2 \times 350 - 63 = 637 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 39 } 2 \times 400 - 72 = 728 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 40 } 2 \times 450 - 81 = 819 \text{ „}$$

$$\text{Nr. 41 } 2 \times 500 - 90 = 910 \text{ „}$$

Der auf die Flügel übertragene Gewichtsdruck (ohne Berücksichtigung des auf die Flügelarme entfallenden Antheiles) und beziehungsweise der Luftwiderstand war:

$$\text{bei Versuch Nr. 31 } \frac{45.5}{40.155} = 1.133^{\text{g}} \text{ d. i. per Quadratmeter } 0.0283^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 32 } \frac{91}{40.155} = 2.266^{\text{g}} \text{ „ „ } 0.0567^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 33 } \frac{182}{40.155} = 4.532^{\text{g}} \text{ „ „ } 0.1133^{\text{kg}}$$

$$\text{Nr. 34 } \frac{273}{40.155} = 6.798^{\text{g}} \text{ „ „ } 0.1700^{\text{kg}}$$

bei Versuch Nr. 35	$\frac{364}{40 \cdot 155} = 9 \cdot 065\text{g}$	d. i. per Quadratmeter	0.2266kg
" " Nr. 36	$\frac{455}{40 \cdot 155} = 11 \cdot 331\text{g}$	" " "	0.2833kg
" " Nr. 37	$\frac{546}{40 \cdot 155} = 13 \cdot 597\text{g}$	" " "	0.3399kg
" " Nr. 38	$\frac{637}{40 \cdot 155} = 15 \cdot 864\text{g}$	" " "	0.3966kg
" " Nr. 39	$\frac{728}{40 \cdot 155} = 18 \cdot 130\text{g}$	" " "	0.4532kg
" " Nr. 40	$\frac{819}{40 \cdot 155} = 20 \cdot 396\text{g}$	" " "	0.5099kg
" " Nr. 41	$\frac{910}{40 \cdot 155} = 22 \cdot 662\text{g}$	" " "	0.5666kg

Die beobachtete Ablaufszeit für 1^m Gewichtshöhe war:

bei Versuch Nr. 31	81.0 Sec., daher $v = \frac{40 \cdot 155}{81 \cdot 0} = 0.496\text{m}$	pro Sec.
" " Nr. 32	56.8 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{56 \cdot 8} = 0.707\text{m}$	" "
" " Nr. 33	40.5 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{40 \cdot 5} = 0.991\text{m}$	" "
" " Nr. 34	33.5 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{33 \cdot 5} = 1.199\text{m}$	" "
" " Nr. 35	29.5 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{29 \cdot 5} = 1.361\text{m}$	" "
" " Nr. 36	26.3 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{26 \cdot 3} = 1.527\text{m}$	" "
" " Nr. 37	23.8 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{23 \cdot 8} = 1.687\text{m}$	" "
" " Nr. 38	21.9 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{21 \cdot 9} = 1.834\text{m}$	" "
" " Nr. 39	20.6 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{20 \cdot 6} = 1.949\text{m}$	" "
" " Nr. 40	19.5 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{19 \cdot 5} = 2.059\text{m}$	" "
" " Nr. 41	18.5 " " " $v = \frac{40 \cdot 155}{18 \cdot 5} = 2.171\text{m}$	" "

Daraus resultirt der Luftwiderstand $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$

bei Versuch Nr. 31 mit	$\frac{0.496^2}{8.340} = 0.0295\text{kg}$
" " Nr. 32 "	$\frac{0.707^2}{8.340} = 0.0599\text{kg}$
" " Nr. 33 "	$\frac{0.991^2}{8.340} = 0.1178\text{kg}$
" " Nr. 34 "	$\frac{1.199^2}{8.340} = 0.1724\text{kg}$
" " Nr. 35 "	$\frac{1.361^2}{8.340} = 0.2221\text{kg}$
" " Nr. 36 "	$\frac{1.527^2}{8.340} = 0.2796\text{kg}$
" " Nr. 37 "	$\frac{1.687^2}{8.340} = 0.3412\text{kg}$
" " Nr. 38 "	$\frac{1.834^2}{8.340} = 0.4033\text{kg}$
" " Nr. 39 "	$\frac{1.949^2}{8.340} = 0.4555\text{kg}$
" " Nr. 40 "	$\frac{2.059^2}{8.340} = 0.5083\text{kg}$
" " Nr. 41 "	$\frac{2.171^2}{8.340} = 0.5651\text{kg}$

Hieran schliesst sich noch der Versuch Nr. 127, welcher bei der gleichen Flugbahnlänge von 40.155^m während eines Barometerstandes von 740^{mm} und einer Temperatur von 20° C. vorgenommen wurde, wonach $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8.407}$ war. Das Treibgewicht betrug 800—72 = 728 g, somit der auf die Flügel übertragene Druck, oder der thatsächliche Luftwiderstand $\frac{728}{40 \cdot 155} = 18 \cdot 130\text{g}$, d. i. auf die Fläche von 1^m

reducirt 0.4532^{kg}. Die beobachtete Durchschnittsdauer des Gewichtsfalles von 1^m war 20.7 Secunden, daher $v = \frac{40 \cdot 155}{20 \cdot 7} = 1.940\text{m}$ per Secunde

Hieraus resultirt der Luftwiderstand $P = \frac{1.940^2}{8.407} = 0.4477\text{kg}$.

Also auch bei dieser dritten Versuchsweise kommen nur kleine Differenzen zwischen den thatsächlichen Luftwiderständen und den Resultaten der fraglichen Formel zum Vorschein. Diese Differenzen sind theils positiv, theils negativ, und in Anbetracht des Umstandes, dass die Versuche im Maassstabe von $\frac{1}{25}$ vorgenommen und erst hieraus auf die Einheit reducirt wurden, von entschiedener Geringfügigkeit.

Somit hat sich die einfache Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ unter allen Umständen und Maassverhältnissen als zutreffend und mit den Postulaten der Thatsachen übereinstimmend erwiesen; und es erscheint keineswegs nothwendig, dem Nenner g den Divisor 2 beizusetzen, oder im Zähler einen Coëfficienten $\xi = 1.86$ anzubringen.

Als ein weiteres positives Resultat der beschriebenen Versuche offenbart sich aber auch die höchst wichtige Thatsache, dass die Flügelflächen von 2^m Inhalt und die Flügelflächen von 400^{cm}, d. i. $\frac{1}{25}$ eines Quadratmeters ein ganz einfach proportionales

Widerstandsverhältniss zeigten, dass also die Einheit des Luftwiderstandes vollständig unabhängig von dem Inhalte und somit auch von der geometrischen Figur der normal fortbewegten Fläche ist; mit anderen Worten, dass die Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ für beliebige Flächen-

grössen und Flächenfiguren (wenn sie nur eben sind) ihre Giltigkeit hat, und dass der Werth eines Coëfficienten ξ , wenn ein solcher überhaupt in die Formel aufgenommen werden müsste, keinesfalls in Bezug auf den Werth von F variabel sein dürfte. —

Es ist noch zu erwähnen, dass die Bewegung der Luft während des Rotirens des Flügelwerkes mittels einer freibrennenden Flamme beobachtet worden ist. Dabei zeigte sich, dass die Luft, welche durch den einen Flügel verdrängt und weggeschoben wurde, bis zum Herannahen des zweiten Flügels wieder derart in ihren ursprünglichen Zustand versetzt war, dass der zweite Flügel nicht etwa auf einen im Kreise mitrotirenden Strom, sondern stets auf eine relativ ruhig stehende Luftmasse zu drücken hatte. Nur bei sehr bedeutenden Rotationsgeschwindigkeiten konnte dies nicht mehr constatirt werden, weshalb auch mit besonders grossen Geschwindigkeiten nicht experimentirt wurde. Anders würde sich die Sache auch verhalten haben, wenn die Experimente nicht in einem unbegrenzten oder doch bedeutend grossen Luftraum vorgenommen worden wären. Probeweise wurde z. B. bei einem Versuche eine verticale Wand nächst den rotirenden Flügeln aufgestellt. Sofort war zu erkennen, dass längs derselben ein Theil der Luft zwischen den Flügeln mitgerissen und in theilweise Mitdrehung versetzt wurde. Die Folge hievon musste eine Verminderung des Luftwiderstandes oder vielmehr eine Erhöhung der Umdrehungs-Geschwindigkeit sein, um eben die Verminderung des Luftwiderstandes, welche ja der Gleichgewichts-Bedingung zwischen diesem und dem stets gleichbleibenden Gewichtsdrucke zuwiderliefe, nicht aufkommen zu lassen. Und so betrug denn auch die im unbegrenzten Raume mit 79.4 Secunden gemessene Zeitdauer des Ablaufes von 1^m Gewichtshöhe bei dem durch besagte Wand begrenzten Raume nur mehr 76 Secunden, wonach also der Werth von v von 0.576^m pro Secunde auf 0.601^m stieg. Würde man also den Luftraum, in welchem ein Flügelwerk rotirt, mehrseits oder allseits enge begrenzen, so würde der Luftwiderstand schliesslich auf ein Minimum herabsinken. Auch unterliegt es keinem Zweifel, dass bei Anwendung von drei oder mehr hintereinander rotirenden Flügeln wegen der zwischen ihnen dann ganz gewiss mitgezogenen Luftströme der sie hemmende Luftwiderstand mit Vermehrung der Flügelzahl abnehmen, beziehungsweise die Drehungs-Geschwindigkeit sich erhöhen wird.

Die Formel des Luftwiderstandes $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ kann deshalb nur bei unbegrenztem und völlig ruhigem Luftraume ihre volle Giltigkeit haben. —

Da nach all dem Gesagten immerhin noch die Frage aufgeworfen werden kann, ob Versuche mit rotirenden Flächen zu den nämlichen Resultaten führen, wenn sie statt mit zwei Flügel nur mit einem einzigen Flügel angestellt werden, so wurden von dem Vortragenden auch zwei Reihen von einflügeligen Experimenten durchgeführt, obwohl für eine solche Anordnung die Ermittlung der im Apparate auftretenden ungleichartigen Reibungs-Widerstände von vorneherein sich als schwierig und weniger sicher zeigte.

Zunächst wurde bei Versuch Nr. 391 an dem einen Arm des grossen Apparates von 1m Länge ein Flügel von 1m Länge und 1m Breite, sohin von 1□m Inhalt in verticaler Stellung befestigt. Die Construction dieses Flügels war die nämliche, wie sie weiter oben bei Versuch Nr. 380 beschrieben wurde. Die Länge der wirksamen Flugbahn für 1m Gewichtsfall war ebenfalls wie bei Versuch Nr. 380, nämlich 93·014m, deshalb auch das Hebelverhältniss der Gewichtswirkung $\frac{1}{93·014}$. An den beiden Enden der Zugdrähte waren Gewichte von je 2000 Gramm, zusammen also 4000 Gramm angehängt. Der in den Zapfenreibungen und Drahtbiegungen des Apparates stattfindende Kraftverlust wurde mit circa 11% oder 440 Gramm ermittelt. Hiernach betrug der auf den Flügel übertragene Gewichtsdruck $\frac{3560}{93·014} = 38·27$ Gramm. Der auf die beiden Flügelarme entfallende Druckantheil betrug diesesmal das Doppelte des bei Versuch Nr. 380 ermittelten Antheiles, nämlich $\frac{1}{54}$. Sonach war der auf dem Flügel allein wirkende

Druck, sowie der thatsächliche Luftwiderstand $38·3 - \frac{38·27}{54} = 37·6$ Gramm, d. i. pro Quadratmeter 0·0376kg.

Die Zeitdauer des Gewichtsfalles auf die Höhe eines Meters wurde mit 168·5 bis 172·0 Sekunden und im Durchschnitte mit 170·0 Sekunden beobachtet. Hiernach war die Rotations-Geschwindigkeit des Flügels $v = \frac{93·014}{170·0} = 0·547$ pro Secunde. Da der Versuch bei dem Barometerstande von 705mm und bei einer Temperatur von 17·80 C. stattfand, war der Werth von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8·747}$.

Mit Substituierung der vorstehenden Werthe von v und $\frac{\gamma}{g}$ ergibt die Formel $P = \frac{0·547^2}{8·747} = 0·0343$ kg, also etwas zu wenig.

Das Experiment Nr. 389 verlief wie folgt:

Unter Einhaltung der vorigen Anordnung wurden Treibgewichte von je 5000 Gramm, zusammen 10000 Gramm, an die Zugdrähte gehängt. Mit Rücksicht auf die Reibungs- und Biegungs-Widerstände im Apparate ergab sich das effective Gesamtgewicht mit 10000 - 1100 = 8900 Gramm. Der auf den Flügel übertragene wirksame Gewichtsdruck war $\frac{8900}{93·014} = 95·7$ Gramm, und nach Abzug von $\frac{95·7}{54}$ für die beiden Flügelarme betrug der Druck auf dem Flügel $95·7 - 1·8 = 93·9$ Gramm oder 0·0939kg, was zugleich für den thatsächlichen Luftwiderstand gilt. Die in vielen Wiederholungen beobachtete Ablaufszeit für 1m Gewichtsfall war zwischen 102·6 und 105·6 Sekunden und durchschnittlich 104·0 Sekunden, somit die Flügel-Geschwindigkeit $v = \frac{93·014}{104·0} = 0·894$ pro Secunde. Wenn dieser Werth für v in die Formel eingesetzt wird, ergibt diese unter Beibehaltung von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8·747}$ den Luftwiderstand $P = \frac{0·894^2}{8·747} = 0·0914$ kg, also wiederum im Vergleiche zu dem thatsächlichen Gewichtsdruck etwas zu wenig.

Eine Wiederholung des Experimentes, nämlich der Versuch Nr. 390, wurde mit dem Treibgewichte $2 \times 15000 = 30000$ Gramm vorgenommen, welches nach Abzug für Reibungs- und Biegungs-Widerstände effectiv 26600 Gramm betrug. Der auf den Flügel übertragene wirksame Druck war $\frac{26600}{93·014} = 286·0$ Gramm, und mit Rücksicht auf die Flügelarme nur $286·0 - \frac{286·0}{54} = 281·7$ Gramm oder 0·2817kg,

was zugleich für den Luftwiderstand gilt. Die für 1m Gewichtsfall beobachtete Ablaufszeit war 61·2 bis 60·6 Sekunden und durchschnittlich 61·0 Sekunden, daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{93·014}{61·0} = 1·525$ pro Secunde. Dieser Werth für v in die Formel eingesetzt, ergibt unter Beibehaltung von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8·747}$ den Widerstand $P = \frac{1·525^2}{8·747} = 0·2659$ kg.

Mit noch grösseren Gewichten konnten diese Experimente nicht fortgesetzt werden, da der Apparat nicht mit genügender Ruhe und Gleichmässigkeit fungirt hätte und schon bei den vorstehenden Experimenten die einseitige und unsymmetrische Belastung des Apparates mit nur Einem Flügel die Ermittlung der im Apparate vorhandenen Reibungswiderstände schwierig und unsicher machte. Dessungeachtet zeigen diese 3 Experimente eine annähernde Uebereinstimmung der Formel $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ mit dem Postulate der Thatsachen und es erscheint auch hier keineswegs als nothwendig, dem Nenner g den Divisor 2 beizusetzen oder im Zähler einen Coefficienten $\xi = 1·86$ anzubringen, weil hiedurch die vorliegenden Differenzen nur noch vergrössert würden.

Die mittels der Formel gefundenen Resultate sind nämlich sämtlich etwas zu klein ausgefallen; es bedürfte die Formel, um bei dem Versuche Nr. 391 in Uebereinstimmung zu kommen, eines Multiplifiers = 1·10, dann bezüglich Versuchs Nr. 389 eines solchen von 1·04 und bezüglich Nr. 390 von 1·06.

Es ist aber, wie gesagt, höchst wahrscheinlich, dass diese subtile Modification eine Folge der Unzulänglichkeit der gewählten Anordnung der Experimente ist, indem insbesondere die durch die einseitige Belastung verursachten unausgeglichene Schwungmomente als Vermehrung der Widerstände im Apparat wirken mussten.

Ähnliche Experimente in kleinerem Maassstabe ausgeführt, lieferten folgende Daten:

Versuch Nr. 342. An dem mittलगrossen Apparate wurde eine rechtwinkelige Flügelfläche von 25cm Länge und 20cm Höhe, also von 500□cm, angebracht. Der Flügel war von gleicher Construction, wie sie bereits für den Versuch Nr. 269 und die folgenden beschrieben wurde. Die Armlänge betrug 5cm. Hiernach berechnet sich die Entfernung des

Druckmittelpunktes von der Drehungsachse mit $x = \sqrt{\frac{30^3 + 5^3}{2}} = 23·848$ cm, daher der Umfang des Flugkreises $= 2 \times 23·848 \pi = 149·84$ cm. Für die Gewichtshöhe von 1m waren vermöge der Dimensionen der Antriebsschleife 30·5 Rotationen erforderlich; daher die Länge der ganzen Flugbahn 45·701m und das Hebelverhältniss der Gewichtswirkung $= \frac{1}{45·701}$.

An die beiden Zugdrähte wurden je 100g, zusammen 200g angehängt, welche nach dem Abzug für Reibungswiderstände sich auf 170g reducirten. Die auf den Flügel übertragene Gewichtswirkung, wobei ein Abzug für die 4mm dicken Flügelarme als bedeutungslos vernachlässigt wurde, betrug daher $\frac{170}{45·701} = 3·72$. Hiedurch ist zu-

gleich der Luftwiderstand bewerthet, welcher auf die Einheit von 1□m bezogen $3·72 \times 20 = 74·4$ = 0·0744kg betrug. Die beobachtete Zeitdauer des Gewichtsablaufes für 1m Höhe betrug in vielen Wiederholungen zwischen 58·8 und 57·4 Sekunden und durchschnittlich 57·9 Sekunden; daher die Flügelgeschwindigkeit $v = \frac{45·701}{57·9} = 0·789$ pro Secunde. Zur

Zeit des Versuches herrschte ein Barometerstand von 746mm und eine Temperatur von 20·70 C. Hiernach war das Einheitsgewicht der Luft $\gamma = \frac{1·2932}{1·0187} - \frac{1·2932}{1·0187} (20·7 \times 0·00367) = 1·173$ kg. Daraus $\frac{\gamma}{g} = \frac{1·173}{9·81} = \frac{1}{8·363}$. Diesen Werth und den obigen Werth für v in die fragliche

Gleichung $P = \frac{v^2 F \gamma}{g}$ eingesetzt, ergibt, wenn $F = 1$, den Luftwiderstand $P = \frac{0·789^2}{8·363} = 0·0744$ kg, was mit dem oben berechneten Gewichtsdruck von 0·0744kg vollkommen übereinstimmt.

Bei Versuch Nr. 343 wurde die vorige Anordnung belassen. Die Treibgewichte waren $2 \times 1000 = 2000\text{g}$, effektiv 1700g . Die Gewichtswirkung auf dem Flügel war $\frac{1700}{46 \cdot 151} = 36 \cdot 85\%$ und auf die Flächeneinheit von 1m^2 bezogen $= 0 \cdot 737\text{kg}$. Die Zeitdauer war $18 \cdot 6$ bis 19 Sekunden und durchschnittlich $18 \cdot 8$ Sekunden, daher $\nu = \frac{46 \cdot 151}{18 \cdot 8} = 2 \cdot 455\text{m}$ pro Sekunde. Die fragliche Formel gibt mit Beibehaltung des vorigen Werthes $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{8 \cdot 363}$ und Einsetzung von $\nu = 2 \cdot 455$ den Luftwiderstand $P = \frac{2 \cdot 455^2}{8 \cdot 363} = 0 \cdot 721$, was nur ganz wenig von dem nach der Gewichtswirkung sich ergebenden thatsächlichen Widerstande von $0 \cdot 737\text{kg}$ abweicht.

Bei dem Versuche Nr. 347 wurde der vorige Flügel von 25cm Länge und 20cm Höhe an einem Arm von 15cm Länge angeschraubt. Hienach berechnet sich die Entfernung des Druckmittels von der Drehungsachse mit $z = \sqrt{\frac{40^3 + 15^3}{2}} = 32 \cdot 297\text{cm}$ und der wirksame Kreisumfang $= 202 \cdot 93\text{cm}$. Für die Gewichtshöhe von 1m waren $30 \cdot 5$ Rotationen erforderlich, daher die Länge der ganzen Flugbahn $= 61 \cdot 894\text{m}$ und das Hebelverhältniss der Gewichtswirkung $= \frac{1}{61 \cdot 894}$. An die beiden Zugfäden wurden Treibgewichte von je 100g gehängt, daher effectives Gesamtgewicht nach Abzug für Reibungswiderstände 168g . Die auf den Flügel übertragene Gewichtswirkung resp. der thatsächliche Luftwiderstand betrug $\frac{168}{61 \cdot 894} = 2 \cdot 71\%$ und auf die Flächeneinheit pro 1m^2 bezogen $= 54 \cdot 2\% = 0 \cdot 0542\text{kg}$. Die für 1m Gewichtshöhe beobachtete Zeitdauer war zwischen $95 \cdot 4$ und $94 \cdot 0$ Sekunden und durchschnittlich $94 \cdot 4$ Sekunden, daher $\nu = \frac{61 \cdot 894}{94 \cdot 4} = 0 \cdot 656\text{m}$ pro Sekunde.

Die fragliche Formel gibt unter Beibehaltung des vorigen Werthes von $\frac{\gamma}{g}$ und Substitution von $\nu = 0 \cdot 656$ den Luftwiderstand $P = \frac{0 \cdot 656^2}{8 \cdot 363} = 0 \cdot 0515\text{kg}$, statt des postulirten Druckes von $0 \cdot 0542\text{kg}$.

Die drei letzteren in kleinem Maassstabe vorgenommenen Versuche stimmen nach den vorgeführten Rechnungsergebnissen mit den vorausgegangenen Versuchen grösseren Maassstabes ziemlich genau überein.

Zu Folge des Versuches Nr. 342 bedürfte die fragliche Formel gar keines Multiplikators oder Coëfficienten resp. eines solchen $= 1 \cdot 00$; zufolge des Versuches Nr. 343 wäre derselbe $= 1 \cdot 02$ indicirt und für Nr. 347 ein solcher $= 1 \cdot 05$.

Der Durchschnitt des Coëfficienten-Werthes, welcher sich aus allen 6 beschriebenen einflügeligen Versuchen sowohl im grösseren als im kleineren Maassstabe ergibt, wäre $\xi = 1 \cdot 045$.

Es bleibt jedoch hiebei nach wie vor wahrscheinlich, dass dieser aus schwankenden Einzeln-Versuchen abgeleitete Coëfficient nur ein bloss scheinbarer sei und wegen der schon erwähnten mancherlei Störungen im Apparate eine bloss Ungenauigkeit repräsentirt.

Im Wesentlichen hat sich also auch hier die einfache Formel $P = \frac{\nu^2 F \gamma}{g}$ bewahrheitet und jede in Bezug auf die Flächengrösse etwa anzunehmende Variabilität als unbegründet erwiesen.

Da der Werth $\frac{\gamma}{g}$ nach dem Barometerstande und noch mehr nach der Lufttemperatur wesentlich differirt, dürfte es hier am Platze sein, denselben für vorkommende Fälle tabellarisch darzustellen. Unter der Voraussetzung, dass ein Kubikmeter Luft bei dem Barometerstande von 760mm und der Temperatur von 0 Grad ein Gewicht von $1 \cdot 2932\text{kg}$ besitzt, gilt Folgendes:

Bei dem Barometer- stand in Millimetern =	Und der Temperatur in Graden Celsius						
	- 5	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25
	ist der Werth von $\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{\dots\dots}$						
770	7.350	7.486	7.627	7.773	7.924	8.080	8.243
765	7.399	7.535	7.677	7.823	8.975	8.133	8.297
760	7.449	7.585	7.727	7.874	8.027	8.186	8.352
755	7.499	7.636	7.778	7.926	8.080	8.240	8.408
750	7.549	7.687	7.830	7.979	8.134	8.285	8.464
745	7.600	7.739	7.883	8.033	8.189	8.351	8.521
740	7.651	7.791	7.936	8.087	8.244	8.408	8.578
735	7.703	7.844	7.990	8.142	8.300	8.465	8.636
730	7.755	7.897	8.045	8.198	8.357	8.523	8.695
725	7.808	7.951	8.100	8.254	8.414	8.581	8.755
720	7.862	8.006	8.156	8.311	8.472	8.640	8.815
715	7.917	8.062	8.213	8.369	8.531	8.700	8.876
710	7.972	8.118	8.271	8.428	8.591	8.761	8.938
705	8.028	8.175	8.329	8.488	8.652	8.823	9.001
700	8.085	8.234	8.388	8.549	8.714	8.886	9.065
695	8.143	8.293	8.448	8.610	8.777	8.950	9.130
690	8.202	8.353	8.509	8.672	8.840	9.015	9.196
685	8.263	8.414	8.571	8.735	8.906	9.081	9.263
680	8.323	8.476	8.634	8.799	8.971	9.148	9.331

Man ersieht aus dieser Tabelle leicht, dass Temperatur und Luftdruck im Stande sind, in der Stärke des Luftstosses bezw. Widerstandes Schwankungen von 20 und mehr Procent hervorzu- bringen, und wie nothwendig es daher ist, im speciellen Fall jedesmal diese beiden Factoren zu constatiren, aber nicht ein für allemal einen Durchschnittswerth dafür in die Formel einzusetzen und den aerodynamischen Berechnungen zu Grunde zu legen.

(Ein zweiter Theil des Aufsatzes folgt im nächsten Hefte.)

Berichtigung.

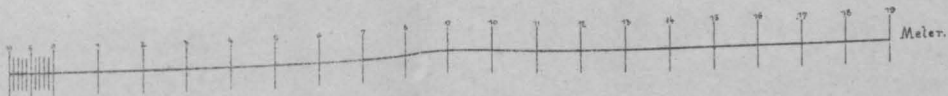
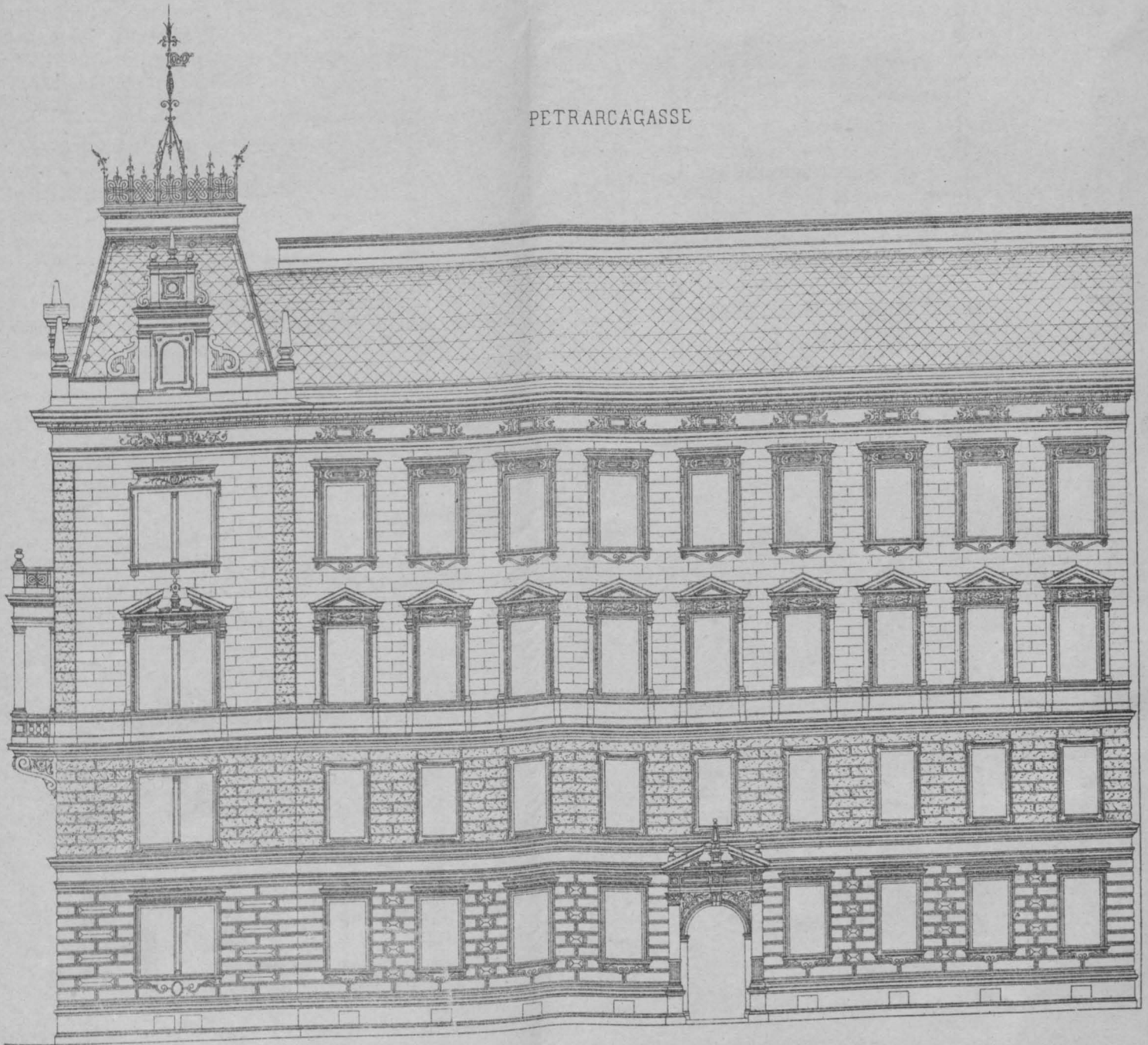
In dem Aufsatz „Die Berliner Stadt-Eisenbahn“ von Ingenieur N. R. Bode in Heft III der Zeitschrift sind mehrere aus dem Concepte stammende Fehler zu berichtigen.

S. 60 l. Zeile 5 v. u. lies: stromabwärts statt: stromaufwärts
 „ 60 „ „ 1 „ „ „ rechtes „ linkes
 „ 60 r. „ 1 „ o. „ „ „an der Ausästung“ „ am Zusammenfluss
 „ 60 „ „ 30 „ „ „ rechten „ linken
 „ 61 l. „ 6 „ „ „ obere „ untere
 „ 63 r. „ 26 „ „ „ Damschüttung „ Dammschütte
 „ 66 l. „ 22 „ u. entfällt das Wort „Berlins“.

Zur Einleitung des Aufsatzes ist noch zu bemerken, dass die meisten der bei der Stadt-Eisenbahn theilhaft gewesen Privatbahnen mittlerweile vom Staate angekauft wurden.

BAU GOEBEL
Wien Maximilianplatz.
Architekt: Julius Koch.

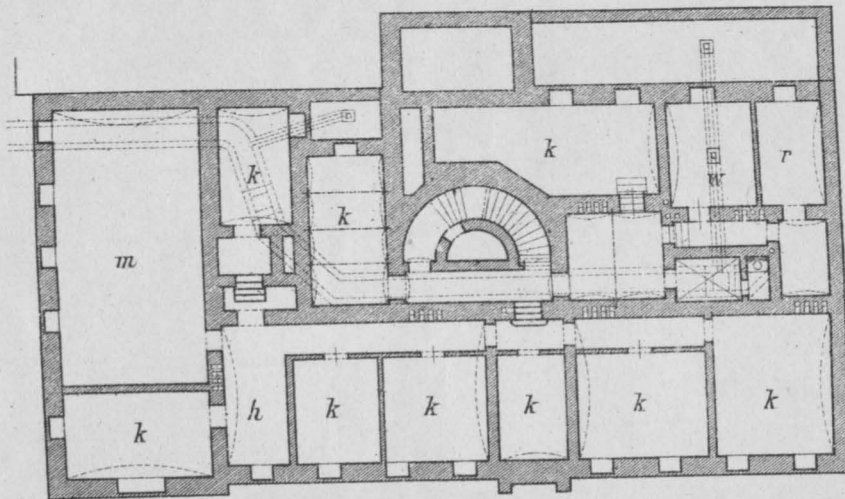
PETRARCAGASSE



BAU GOEBEL
Wien Maximilianplatz
Architekt: Julius Koch.

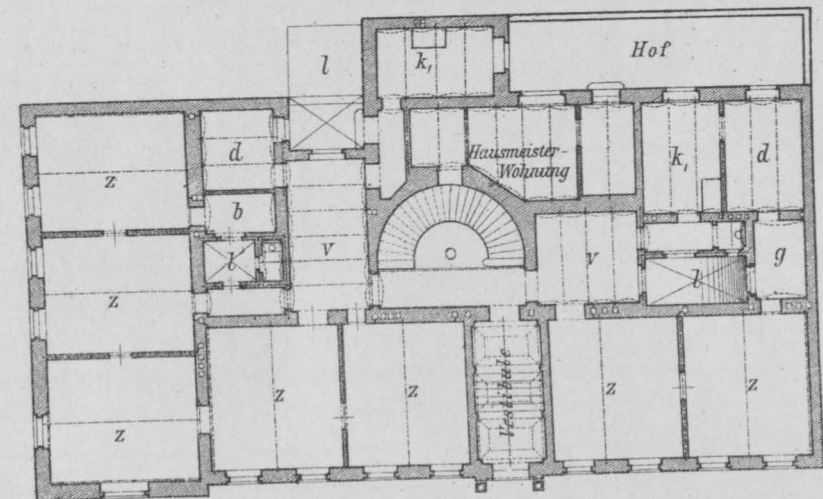
Bl. 15.

Keller



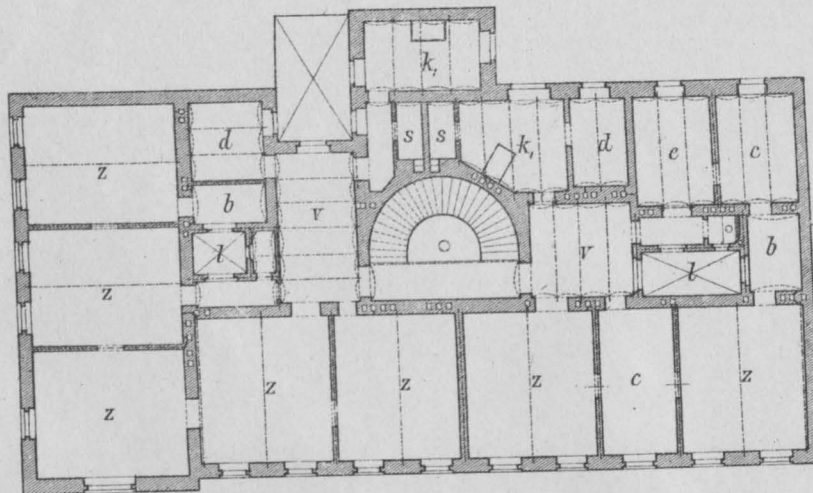
k Keller
h Holzeinwurf
m Magazin
w Waschküche
r Rollkammer

Erdgeschoss.

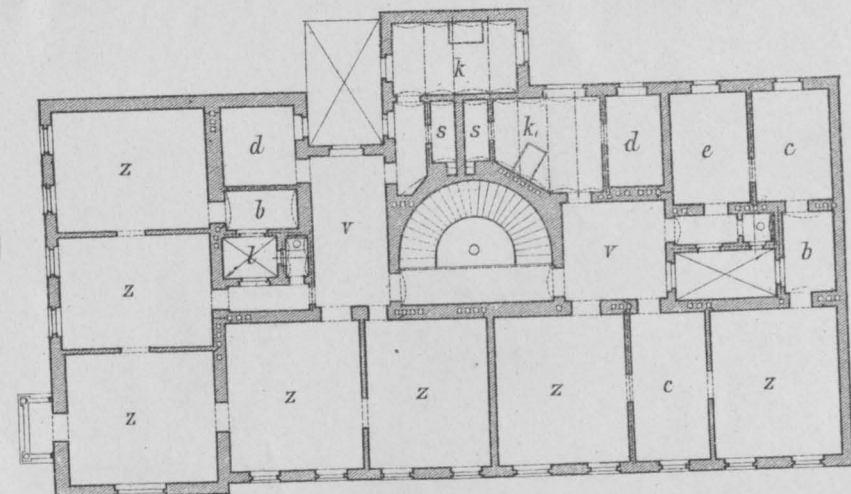


r Vorzimmer
z Zimmer
c Kabinete
d Diensthofen Zimmer
g Garderobe
k, Küche
s Speise
b Bade Zimmer
l Lichthof
o Oberlicht

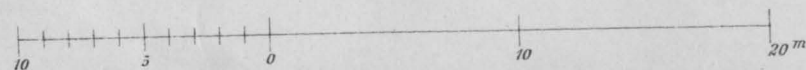
I. Stock.



II u. III. Stock.



Maßstab.



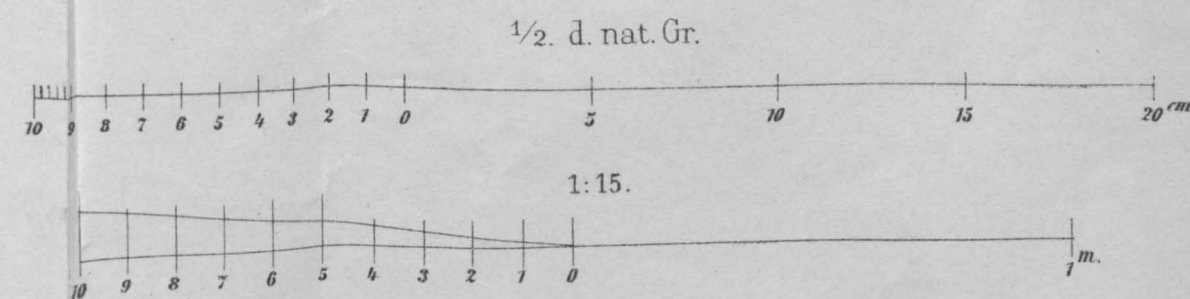
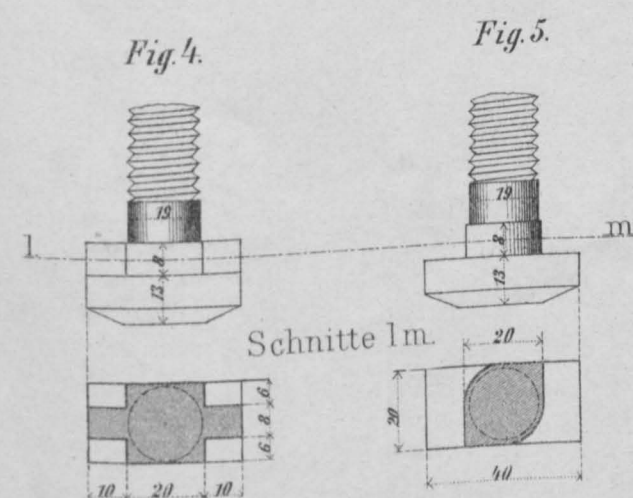
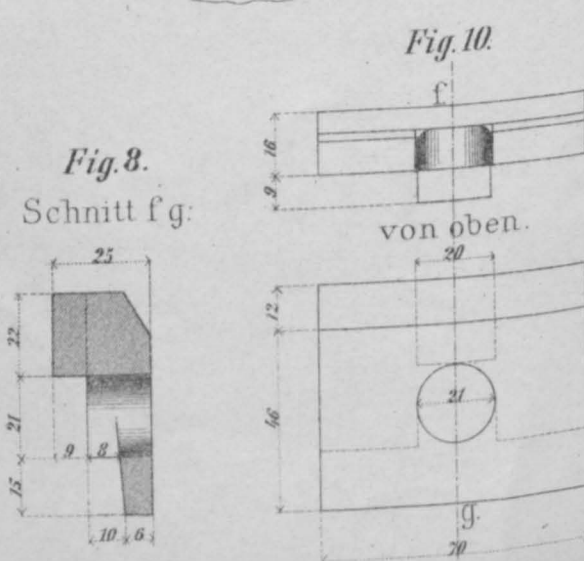
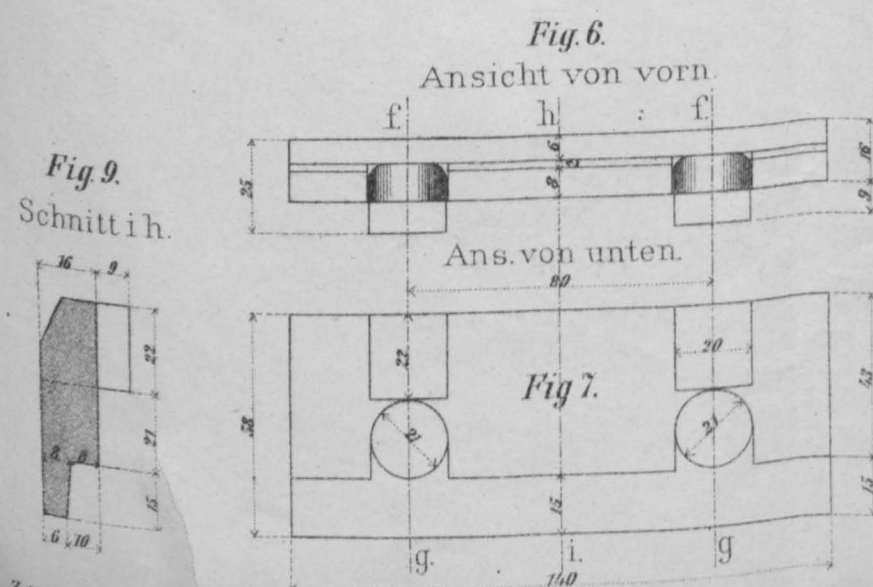
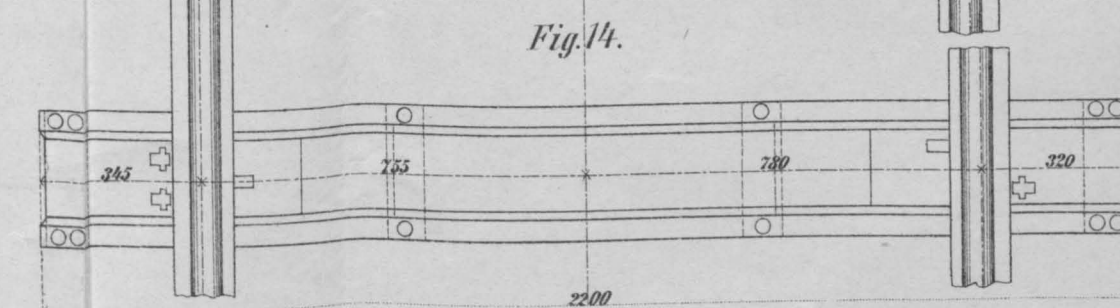
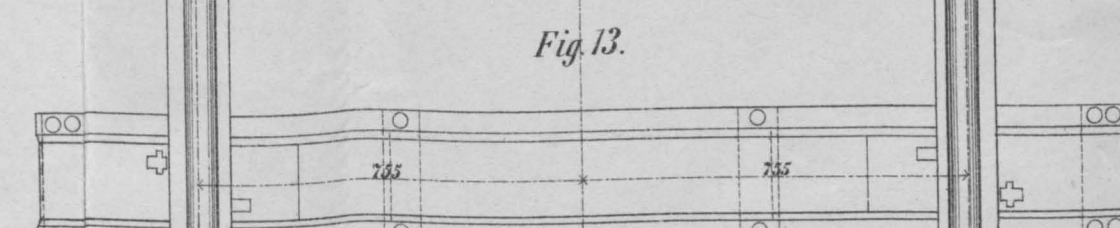
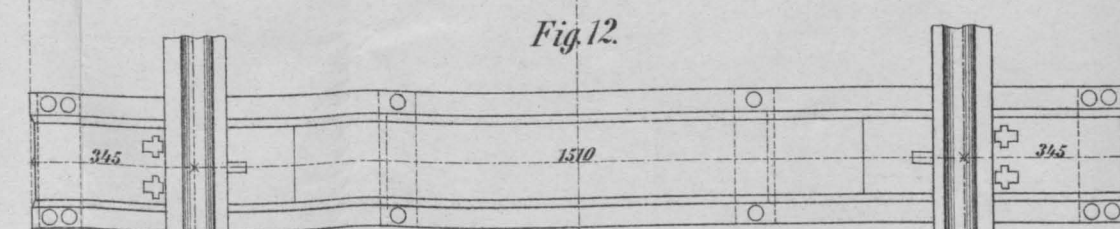
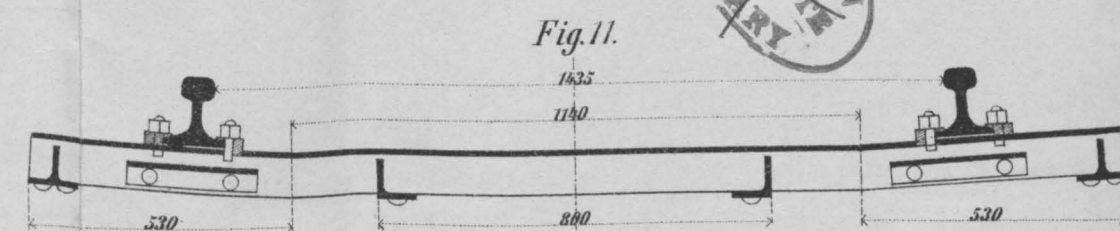
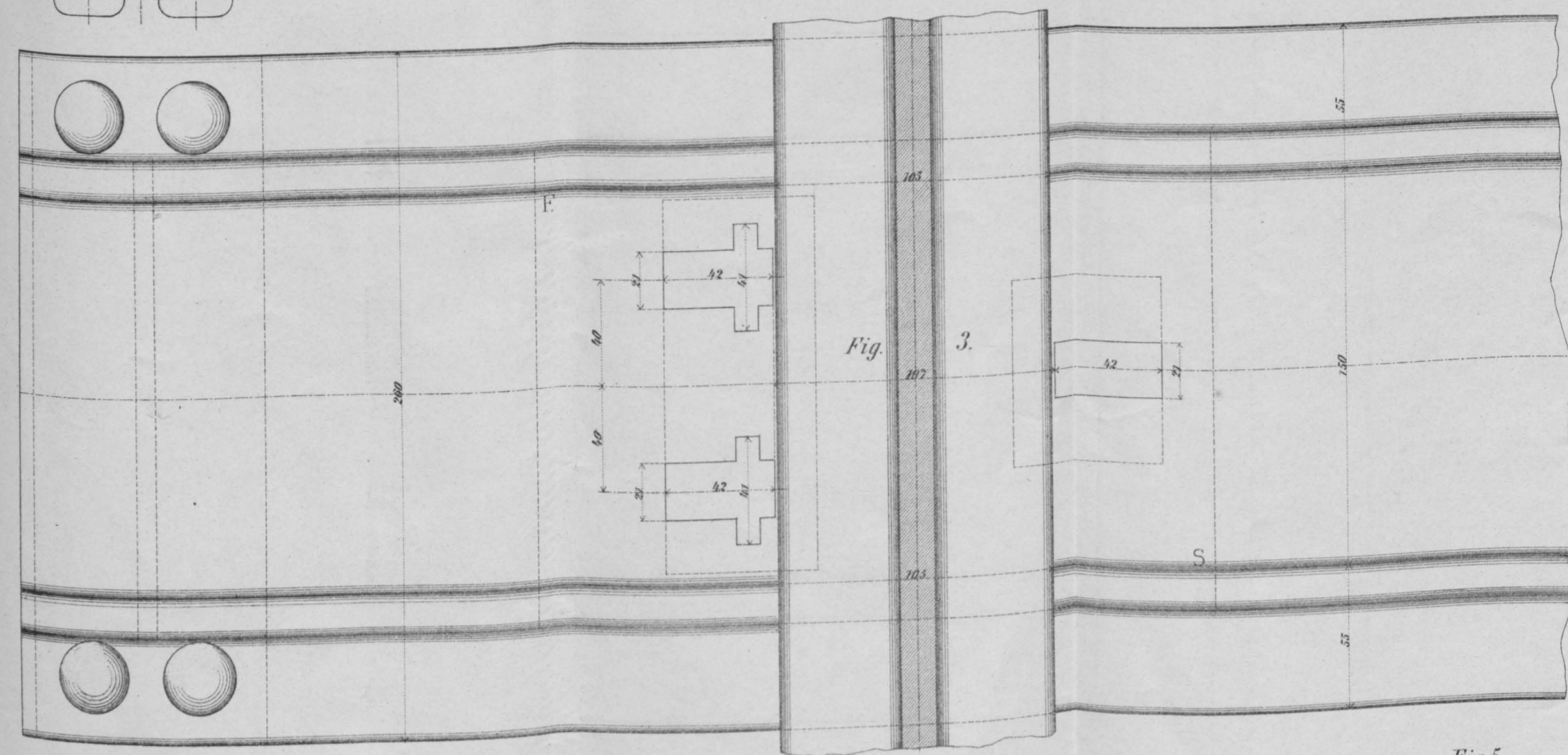
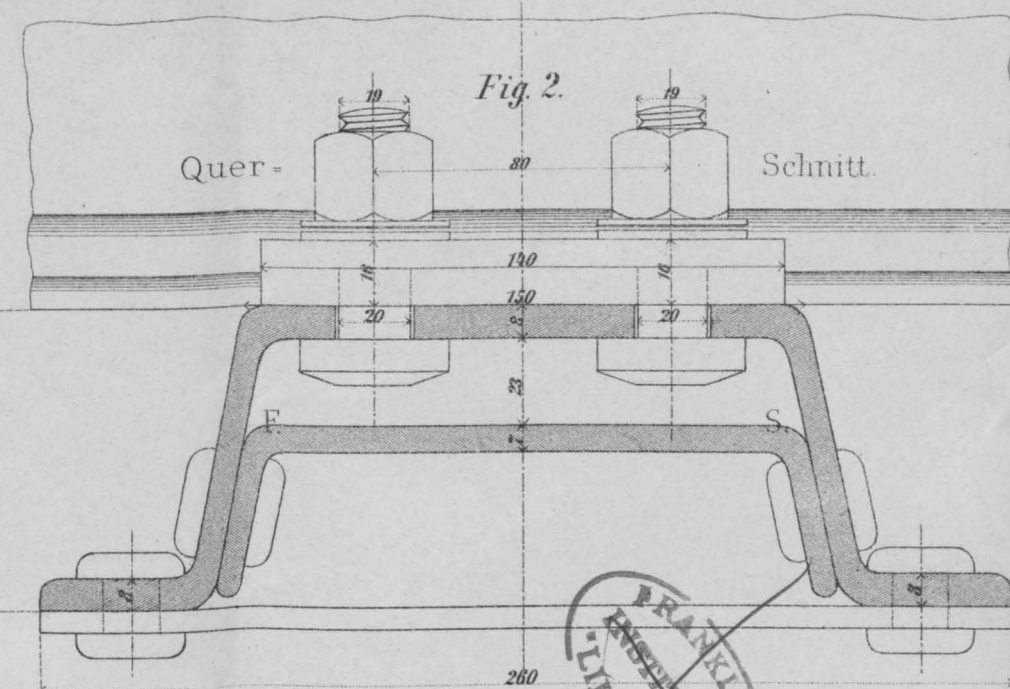


Fig. 15.

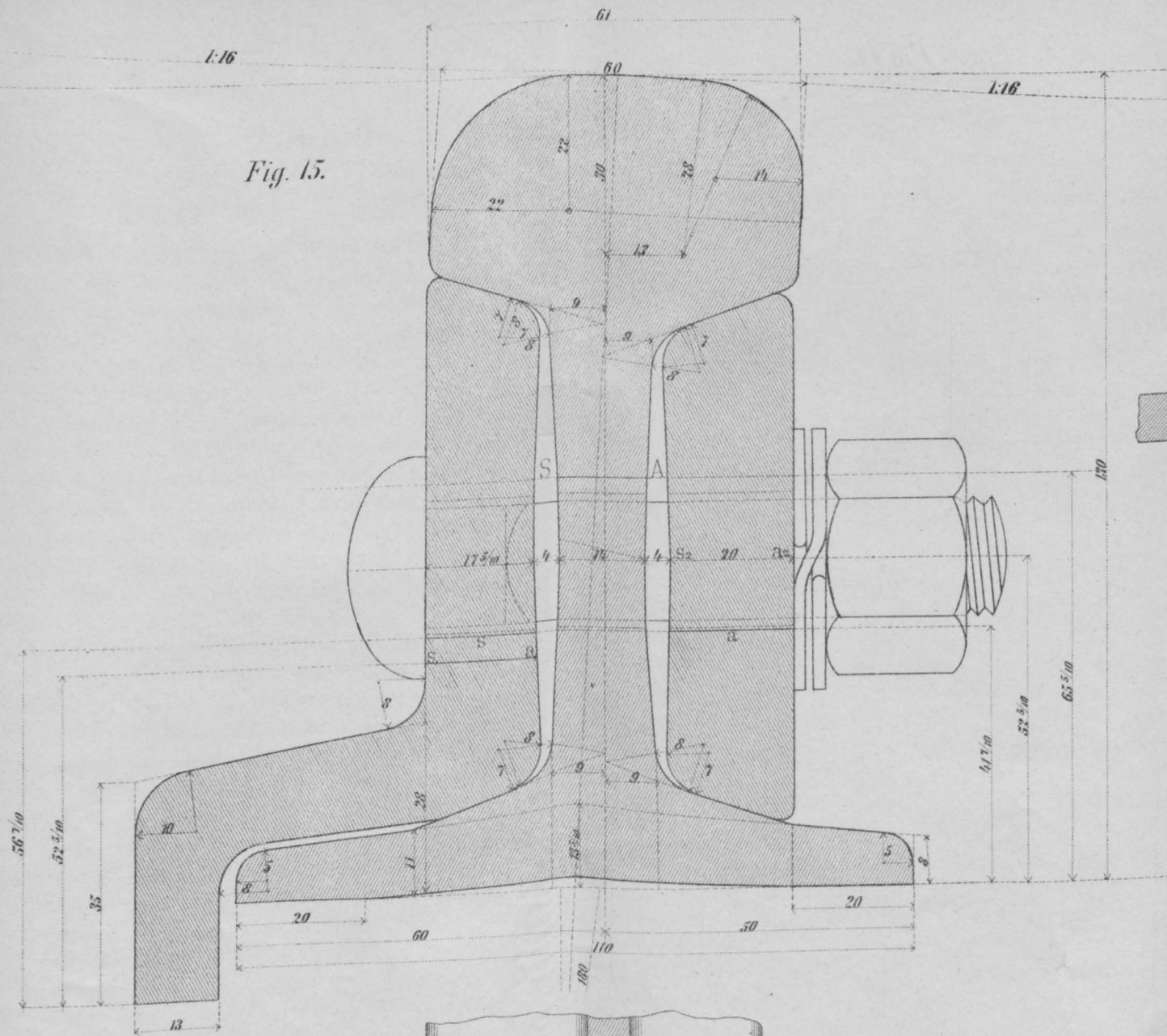


Fig. 16.

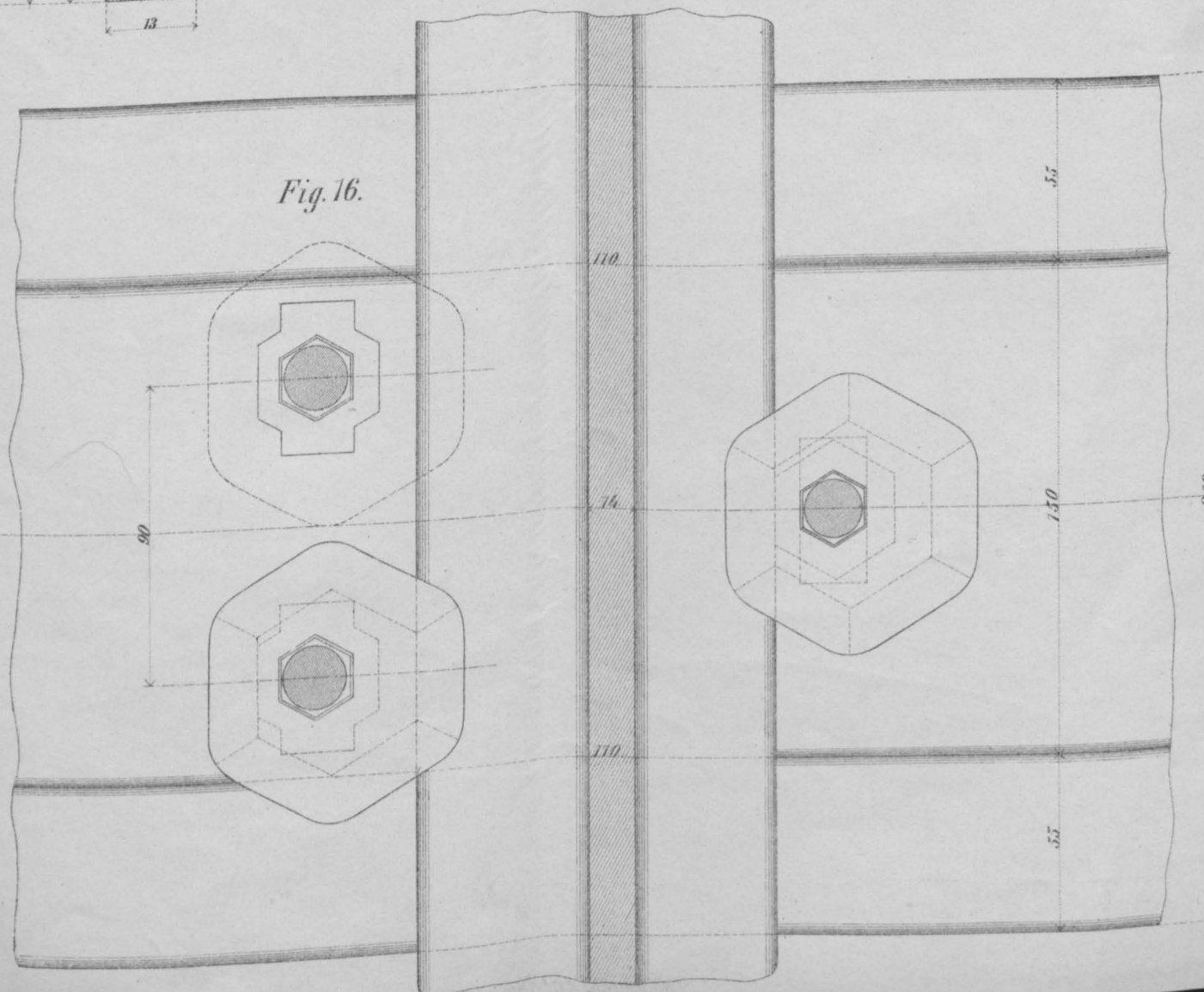


Fig. 17.

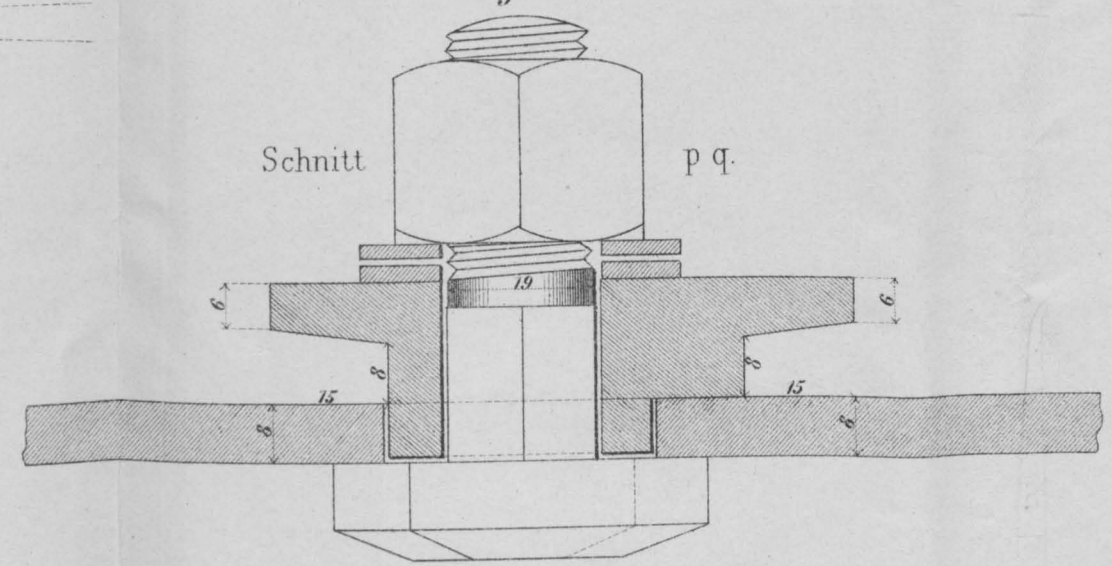


Fig. 18.

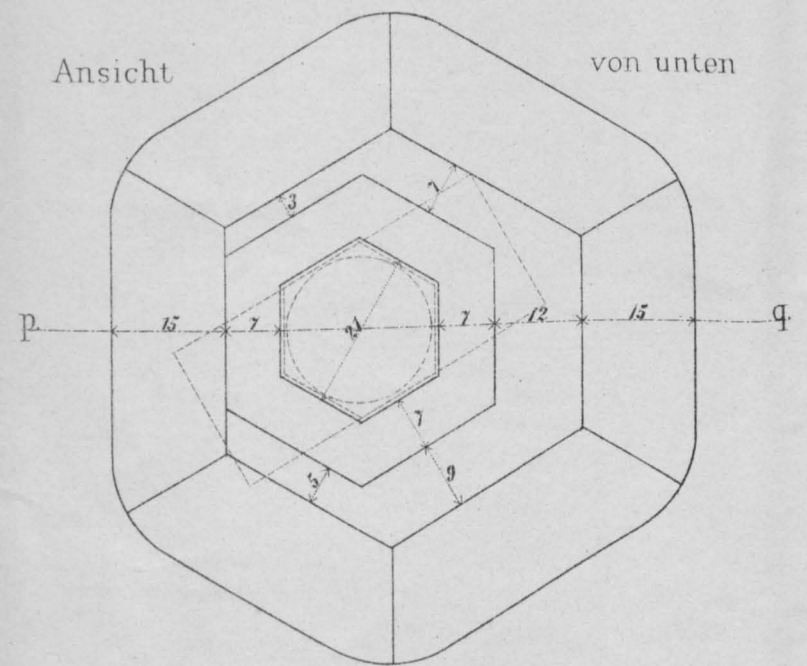
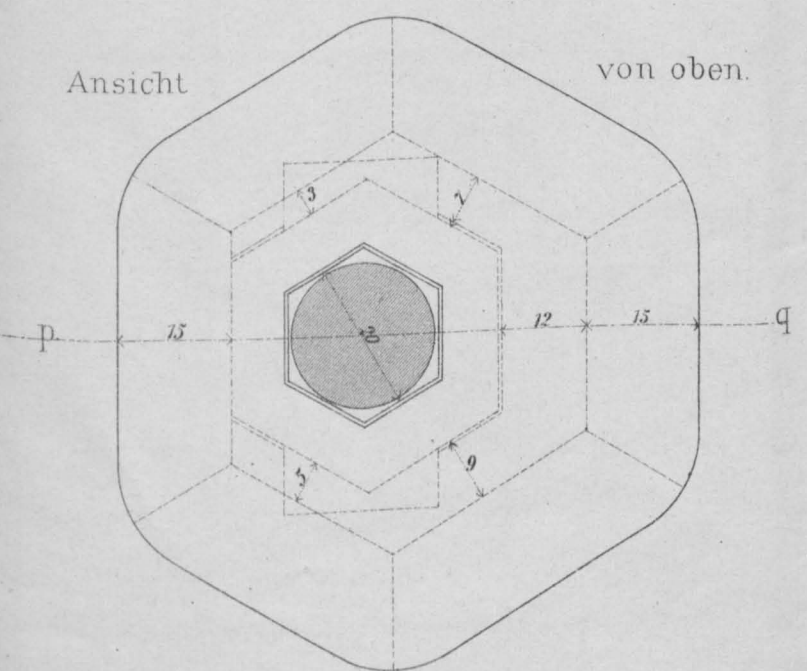
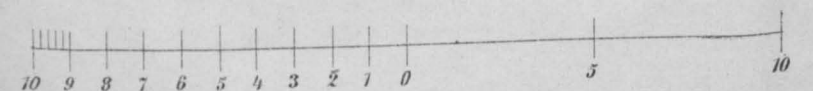


Fig. 19.

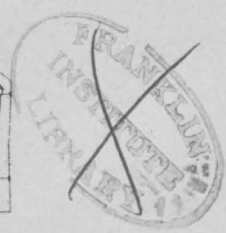


1/2. d. nat. Gr.



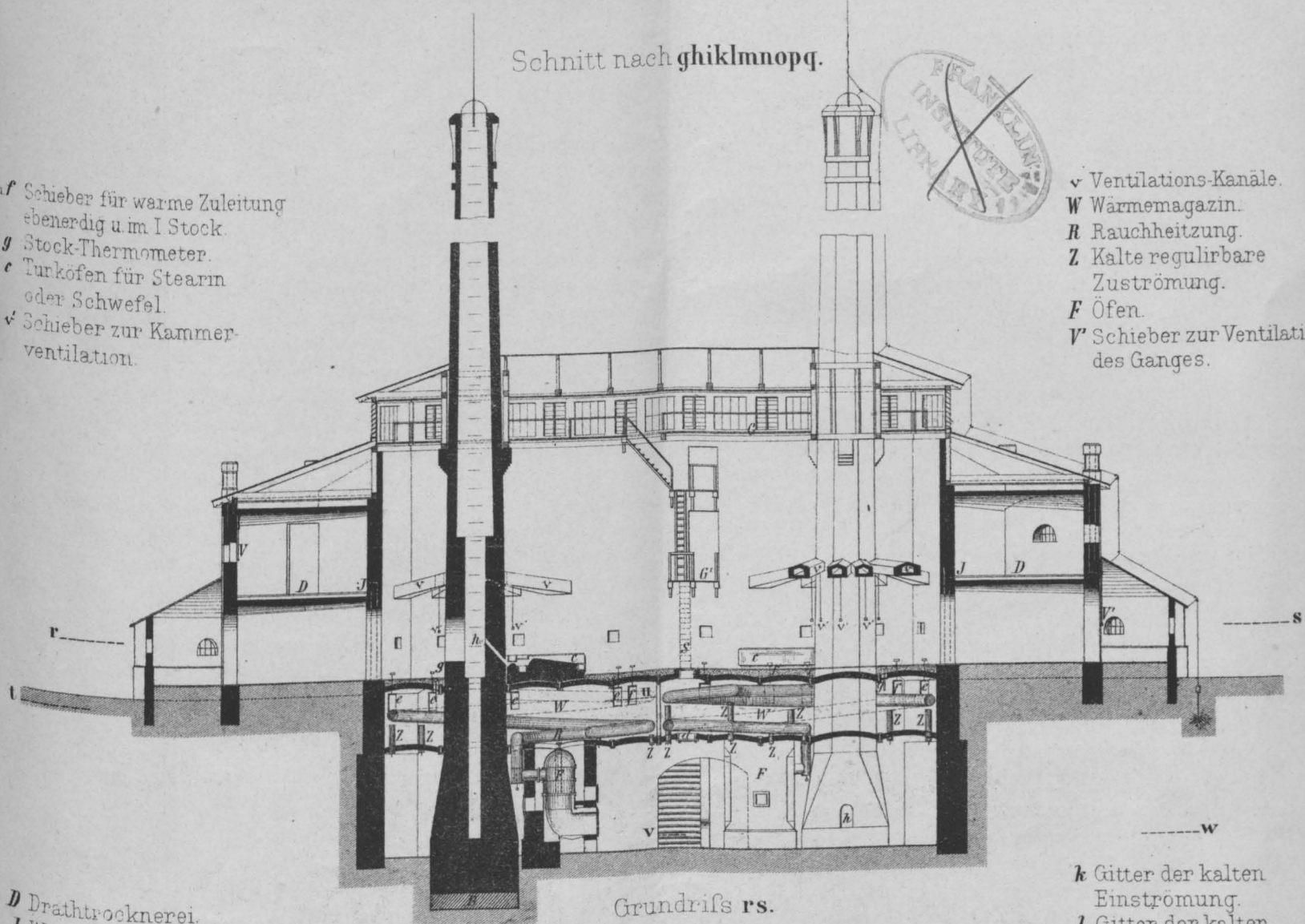
TROCKNUNGSANLAGE f. d. Zündhölzchenfabrik in Bukarest.

Schnitt nach ghiklmnopq.



- en f* Schieber für warme Zuleitung ebenerdig u. im I. Stock.
- g* Stock-Thermometer.
- c* Tunköfen für Stearin oder Schwefel.
- v* Schieber zur Kammer-ventilation.

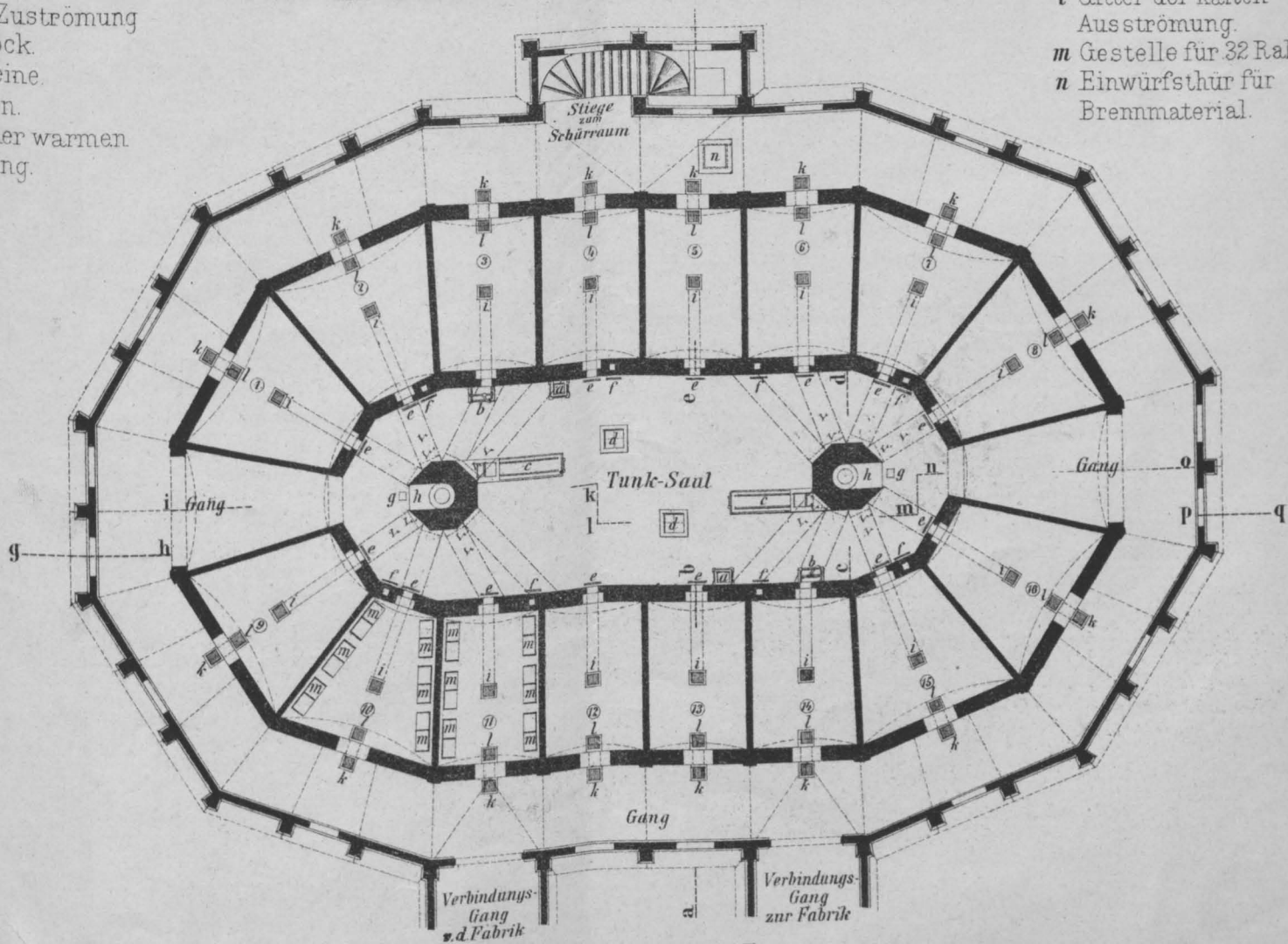
- v* Ventilations-Kanäle.
- W* Wärmemagazin.
- R* Rauchheizung.
- Z* Kalte regulirbare Zuströmung.
- F* Öfen.
- V* Schieber zur Ventilation des Ganges.



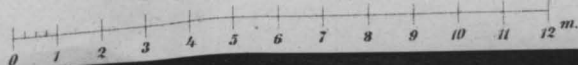
- D* Drahtrocknerei.
- J* Warme Zuströmung im I. Stock.
- a* Tunksteine.
- b* Pressen.
- i* Gitter der warmen Zuleitung.

Grundriß rs.

- k* Gitter der kalten Einstromung.
- l* Gitter der kalten Ausströmung.
- m* Gestelle für 32 Rahmen.
- n* Einwurfsthür für Brennmaterial.

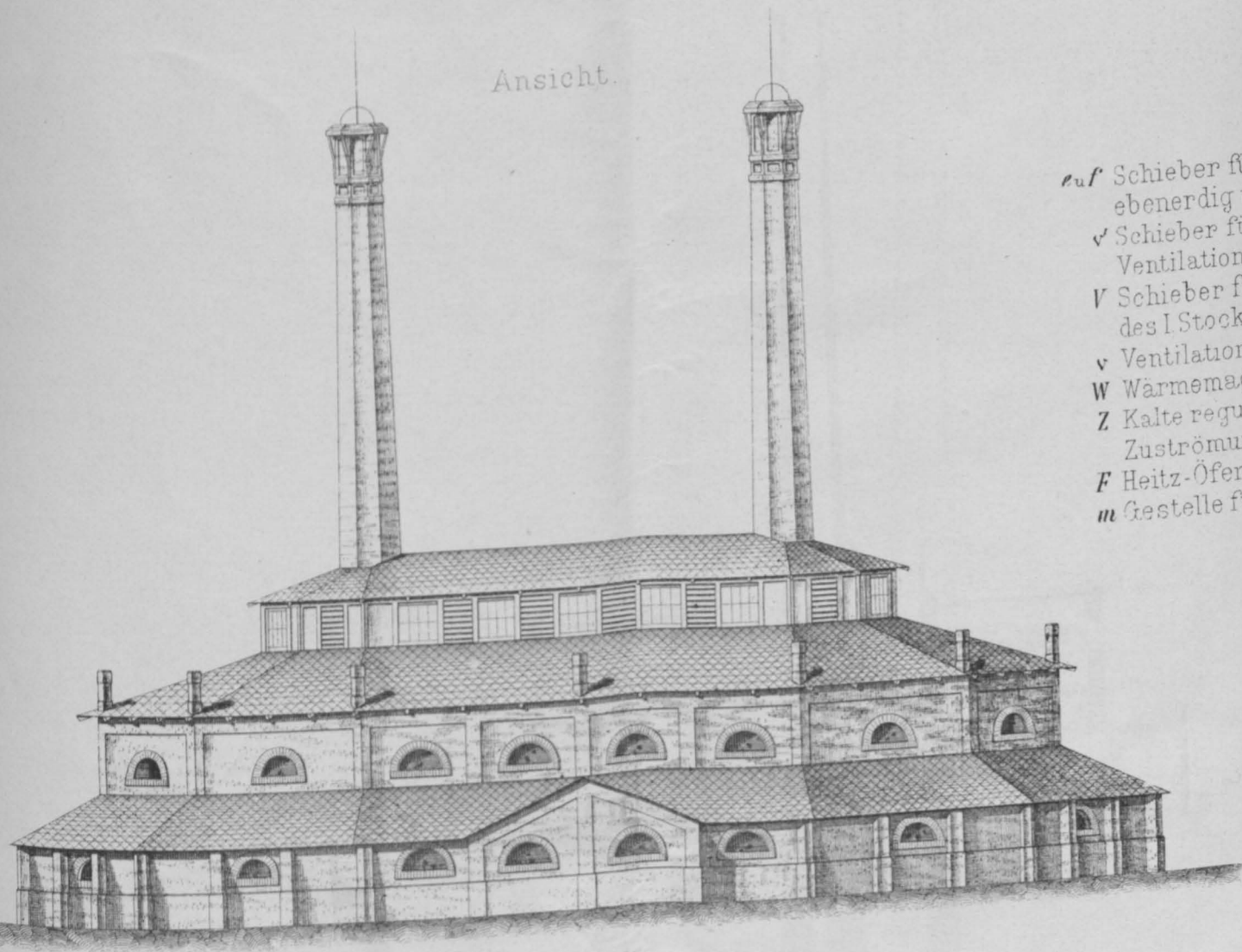


Maßstab 6^m/_m = 1^m



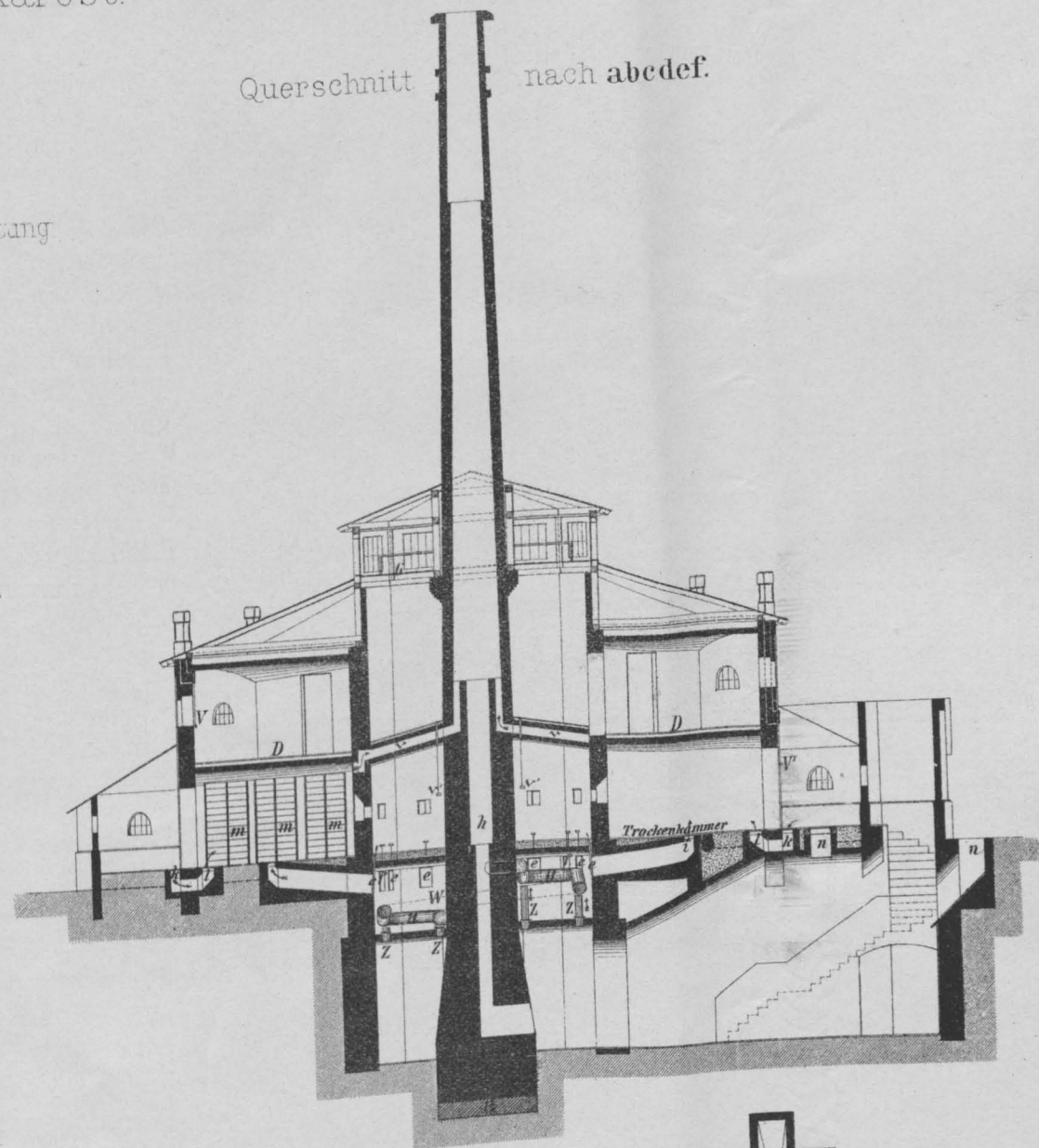
TROCKNUNGSANLAGE f. d. Zündhölzchenfabrik in Bukarest.

Ansicht.

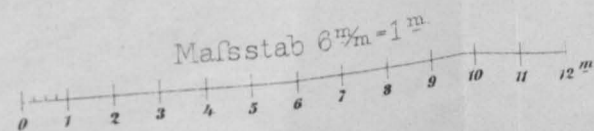
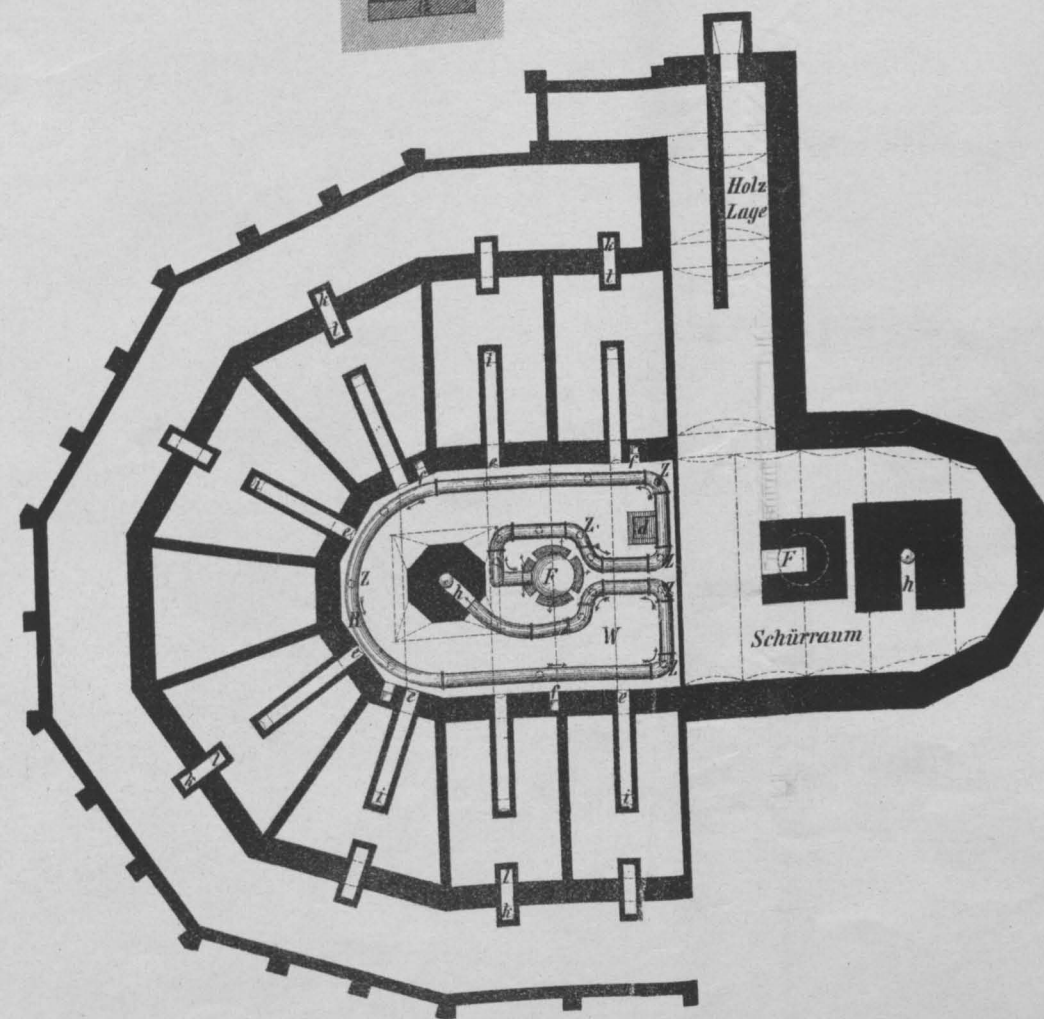
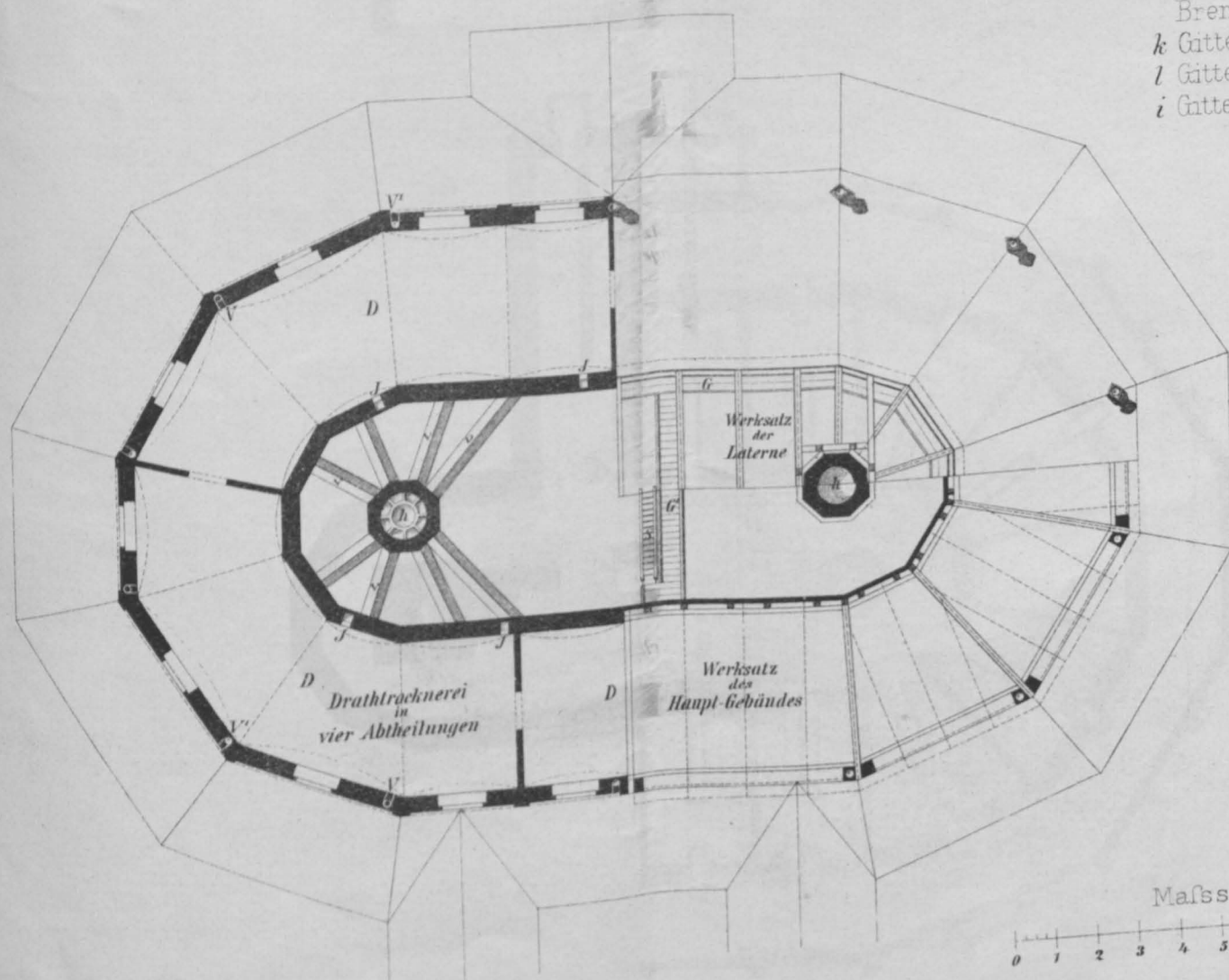


- z u f* Schieber für warme Zuleitung ebenerdig u. im I. Stock
- v* Schieber für Kammer-Ventilation.
- V* Schieber für Ventilation des I. Stockes.
- v* Ventilations-Kanäle.
- W* Wärmemagazin.
- Z* Kalte regulirbare Zuströmung.
- F* Heitz-Öfen.
- m* Gestelle für 32 Rahmen.

Querschnitt nach abcd ef.



- n* Einwurfsthür für Brennmaterial
- k* Gitter der kalten Einströmung.
- l* Gitter der kalten Ausströmung.
- i* Gitter der warmen Auströmung.



UMSTEUERUNG MIT SCHLEIFENMECHANISMUS UND VARIABLER EXPANSION.

